

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-235868

(43) Date of publication of application : 29.08.2000

(51) Int.Cl. H01M 10/40 H01M 2/18 // H01M 4/02

(21) Application number : 11-310303

(71) Applicant : TOSHIBA CORP

(22) Date of filing : 29.10.1999

(72) Inventor : TAKAMI NORIO

HASEBE HIROYUKI

OSAKI TAKAHISA

KANDA MOTOI

(30) Priority

Priority number : 10308476 / 10359154

Priority date : 29.10.1998 / 17.12.1998

Priority country : JP / JP

(54) NONAQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent an exterior packaging material of a secondary battery from swelling by restraining the generation of gas when stored at high temperatures as well as to improve large current discharge characteristics and charge/discharge cycle characteristics.

SOLUTION: This secondary battery is equipped with an electrode group 2 comprising a positive electrode 12, a negative electrode 13 including a material for occluding/releasing a lithium ion, and a separator 3 arranged between the positive electrode 12 and the negative electrode 13; a nonaqueous electrolyte impregnated into the electrode group 2 and including a nonaqueous solvent and a lithium salt dissolved therein; and a sheet-made exterior packaging material 1 of 0.5 mm or less in thickness including a resin layer and accommodating the electrode group 2; wherein the nonaqueous solvent contains γ -butyrolactone from over 50 vol.% to under or equal to 95 vol.% of the total nonaqueous solvent.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-235868

(P 2000-235868A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000. 8. 29)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード (参考)

H 0 1 M 10/40

H 0 1 M 10/40

A 5H014

2/18

2/18

Z 5H021

// H 0 1 M 4/02

4/02

B 5H029

審査請求 未請求 請求項の数 18

O L

(全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平11-310303

(22) 出願日 平成11年10月29日 (1999. 10. 29)

(31) 優先権主張番号 特願平10-308476

(32) 優先日 平成10年10月29日 (1998. 10. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-359154

(32) 優先日 平成10年12月17日 (1998. 12. 17)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 高見 則雄

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 長谷部 裕之

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

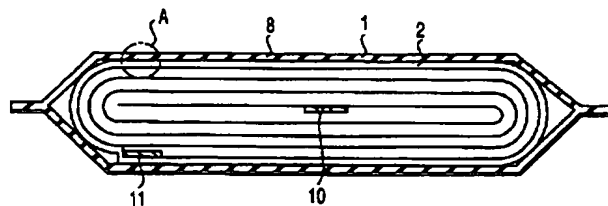
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非水電解液二次電池

(57) 【要約】

【課題】 高温で貯蔵した際のガス発生を抑制することにより、外装材が膨れるのを抑え、かつ大電流放電特性及び充放電サイクル特性を向上することが可能な非水電解液二次電池を提供することを目的とする。

【解決手段】 正極 1 2 と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極 1 3 と、前記正極 1 2 及び前記負極の 1 3 間に配置されるセパレータ 3 とを備える電極群 2 2 ; 前記電極群 2 に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液; 前記電極群 2 が収納され、樹脂層を含む厚さが 0. 5 mm 以下のシート製の外装材 1 ; を具備し、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の 50 体積%より多く、95 体積%以下含有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシート製の外装材；を具備し、

前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有することを特徴とする非水電解液二次電池。

【請求項2】 正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備し、

前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有することを特徴とする非水電解液二次電池。

【請求項3】 前記非水溶媒の γ -ブチロラクトンの比率は、60体積%以上、95体積%以下であることを特徴とする請求項1または2記載の非水電解液二次電池。

【請求項4】 前記非水溶媒は、エチレンカーボネートを更に含むことを特徴とする請求項1または2記載の非水電解液二次電池。

【請求項5】 前記非水溶媒は、プロピレンカーボネート、ビニレンカーボネート、トリフロロプロピレン、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート及び芳香族化合物から選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒を更に含むことを特徴とする請求項4記載の非水電解液二次電池。

【請求項6】 前記正極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されていることを特徴とする請求項1または2記載の非水電解液二次電池。

【請求項7】 前記正極、前記負極及び前記セパレータは、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されていることを特徴とする請求項1または2記載の非水電解液二次電池。

【請求項8】 前記セパレータは、空気透過率が600秒/100cm³以下の多孔質シートを含むことを特徴とする請求項1または2記載の非水電解液二次電池。

【請求項9】 前記リチウムイオンを吸蔵・放出する材料は、黒鉛、コークス、炭素繊維及び球状炭素から選ばれる少なくとも1種類の黒鉛質材料もしくは炭素質材料を含むことを特徴とする請求項2記載の非水電解液二次電池。

【請求項10】 前記炭素繊維は、メソフェーズピッチ系炭素繊維であることを特徴とする請求項9記載の非水電解液二次電池。

【請求項11】 正極集電体及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含有する負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシート製の外装材；を具備し、

前記正極活物質層の空隙率は前記負極活物質層の空隙率に比べて低く、前記正極活物質層の厚さは10～100μmであり、

前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有することを特徴とする非水電解液二次電池。

【請求項12】 正極集電体及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含有する負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備し、

前記正極活物質層の空隙率は前記負極活物質層の空隙率に比べて低く、前記正極活物質層の厚さは10～100μmであり、

前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有することを特徴とする非水電解液二次電池。

【請求項13】 前記正極活物質層の厚さは10～60μmであることを特徴とする請求項11または12記載の非水電解液二次電池。

【請求項14】 前記非水溶媒は、エチレンカーボネートを更に含むことを特徴とする請求項11または12記載の非水電解液二次電池。

【請求項15】 前記非水溶媒は、プロピレンカーボネート、ビニレンカーボネート、トリフロロプロピレン、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート及び芳香族化合物から選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒を更に含むことを特徴とする請求項14記載の非水電解液二次電池。

【請求項16】 前記正極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接

着性を有する高分子により一体化されていることを特徴とする請求項11または12記載の非水電解液二次電池。

【請求項17】 前記正極、前記負極及び前記セパレータは、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されていることを特徴とする請求項11または12記載の非水電解液二次電池。

【請求項18】 前記セパレータは、空気透過率が600秒/100cm³以下の多孔質シートを含むことを特徴とする請求項11または12記載の非水電解液二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、非水電解液二次電池に係わる。

【0002】

【従来の技術】 現在、携帯電話などの携帯機器向けの非水電解液二次電池として、リチウムイオン二次電池が商品化されている。この電池は、正極にリチウムコバルト酸化物(LiCoO₂)、負極に黒鉛質材料や炭素質材料、非水電解液にリチウム塩を溶解した有機溶媒、セパレータに多孔質膜が用いられている。前記電解液の溶媒としては低粘度、低沸点の非水溶媒が用いられている。

【0003】 例えば特開平4-14769号公報には、プロピレンカーボネートとエチレンカーボネートとγ-ブチロラクトンからなる混合溶媒を主体とし、γ-ブチロラクトンの比率が溶媒全体の10～50体積%である電解液を備えた非水電解液二次電池が記載されている。この公報では、円筒形非水電解液二次電池の低温放電特性を改善することを目的としている。

【0004】 ところで、携帯機器の薄型化に伴って電池の厚さを薄くすることが要望されている。このためには、正極、負極、セパレータ及び非水電解液を収納する外装材の厚さを薄くする必要がある。しかしながら、前述した特開平4-14769号公報に記載されたγ-ブチロラクトンの含有量が10～50体積%である溶媒を含む非水電解液を備えたリチウムイオン二次電池は、初充電時に負極からガス発生が多くなったり、60℃以上の高温に貯蔵した時に正極と非水電解液が反応して非水電解液の酸化分解が生じ、ガス発生が起きる。このため、外装材の厚さを薄くすると、このガス発生により外装材が膨れ、変形するという問題点を生じる。外装材が変形すると、電池が電子機器に納まらなくなったり、あるいは電子機器の誤作動を招く恐れがある。

【0005】 一方、特開平11-97062号公報には、γ-ブチロラクトンの比率が100体積%である溶媒にホウフッ化リチウム(LiBF₄)を溶解させたものを非水電解液として備える非水電解液二次電池が開示されている。この公報では、リチウムコバルト複合酸化物を活物質として含む正極が非水電解液により酸化分解

されるのを抑制することを目的としている。

【0006】 しかしながら、特開平11-97062号公報に開示されたγ-ブチロラクトンの比率が100体積%である溶媒にホウフッ化リチウム(LiBF₄)を溶解させた非水電解液は、負極と反応して還元分解が生じやすい。その結果、負極において電流集中が生じやすくなるため、負極表面にリチウム金属が析出したり、あるいは負極界面のインピーダンスが高くなり、負極の充放電効率が低下し、充放電サイクル特性の低下を招く。

【0007】 また、非水電解液二次電池においては、大電流放電特性及び充放電サイクル特性の更なる改善が要望されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、高温で貯蔵した際のガス発生を抑制することにより、外装材が膨れるのを抑え、かつ大電流放電特性及び充放電サイクル特性を向上することが可能な非水電解液二次電池を提供しようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材；を具備し、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有する非水電解液二次電池が提供される。

【0010】 本発明によれば、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備し、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有する非水電解液二次電池が提供される。

【0011】 本発明によれば、正極集電体及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含有する負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材；を具備し、前記正極活物質層の空隙率を前記負極活物質層の空隙率に比べて低くし、前記正極活物質層の厚さは10～100μmであり、前記非

水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有する非水電解液二次電池が提供される。

【0012】本発明によれば、正極集電体及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含有する負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備し、前記正極活物質層の空隙率を前記負極活物質層の空隙率に比べて低くし、前記正極活物質層の厚さは10～100 μ mであり、前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有する非水電解液二次電池が提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明に係る第1の非水電解液二次電池は、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される外装材；を具備する。また、前記非水溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有する。

【0014】この二次電池は、前記正極、前記負極及び前記セパレータが一体化されていなくても良いが、以下の(a)、または(b)に説明するような条件で一体化されていることが好ましい。

【0015】(a)前記正極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されている。特に、前記正極及び前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化されていることが望ましい。

【0016】(b)前記正極、前記負極及び前記セパレータが、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されている。

【0017】この(a)または(b)の構成にすることによって、外装材の膨れをより一層低減することができる。

【0018】また、前記二次電池は、電池容量(Ah)と1kHzの電池内部インピーダンス(m Ω)の積が10m Ω ・Ah以上、110m Ω ・Ah以下であることが

望ましい。容量とインピーダンスの積を前記範囲内にすることによって、大電流放電特性と充放電サイクル特性をより向上することができる。ここで、電池容量とは、公称容量あるいは0.2Cで放電した際の放電容量である。より好ましい範囲は、20m Ω ・Ah以上、60m Ω ・Ah以下である。

【0019】電池容量とインピーダンスの積を10m Ω ・Ah以上、110m Ω ・Ah以下にするのは、例えば、後述する(I)の製造方法か、あるいは後述する(II)の製造方法により可能である。但し、(I)において、接着性高分子の添加量、接着性高分子の分布及び初充電条件を、電池容量とインピーダンスの積が10m Ω ・Ah以上、110m Ω ・Ah以下になるように設定する。また、(II)においては、電極群を成形する際の温度とプレス圧、及び初充電条件を、電池容量とインピーダンスの積が10m Ω ・Ah以上、110m Ω ・Ah以下になるように設定する。

【0020】以下、前述した(a)を満足する電極群を備える非水電解液二次電池について説明する。

【0021】1)正極

この正極は、活物質を含む正極層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。

【0022】前記正極層は、正極活物質及び導電剤を含む。また、前記正極層は、接着性を有する高分子とは別に、正極活物質同士を結着する結着剤を含んでいる。

【0023】前記正極活物質としては、種々の酸化物、例えば二酸化マンガ、リチウムマンガ複合酸化物、リチウム含有ニッケル酸化物、リチウム含有コバルト酸化物、リチウム含有ニッケルコバルト酸化物、リチウム含有鉄酸化物、リチウムを含むバナジウム酸化物や、二硫化チタン、二硫化モリブデンなどのカルコゲン化合物などを挙げることができる。中でも、リチウム含有コバルト酸化物(例えば、LiCoO₂)、リチウム含有ニッケルコバルト酸化物(例えば、LiNi_{0.8}Co_{0.2}O₂)、リチウムマンガ複合酸化物(例えば、LiMn₂O₄、LiMnO₂)を用いると、高電圧が得られるために好ましい。

【0024】前記導電剤としては、例えばアセチレンブラック、カーボンブラック、黒鉛等を挙げることができる。

【0025】前記結着剤は、活物質を集電体に保持させ、かつ活物質同士をつなぐ機能を有する。前記結着剤としては、例えばポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ポリフッ化ビニリデン(PVdF)、エチレン-プロピレン-ジエン共重合体(EPDM)、スチレン-ブタジエンゴム(SBR)等を用いることができる。

【0026】前記正極活物質、導電剤および結着剤の配合割合は、正極活物質80～95重量%、導電剤3～20重量%、結着剤2～7重量%の範囲にすることが好ましい。

【0027】前記集電体としては、多孔質構造の導電性基板か、あるいは無孔の導電性基板を用いることができる。これら導電性基板は、例えば、アルミニウム、ステンレス、またはニッケルから形成することができる。

【0028】中でも、直径3mm以下の孔が 10 cm^2 当り1個以上の割合で存在する二次元的な多孔質構造を有する導電性基板を用いることが好ましい。すなわち、導電性基板に開口された孔の直径が3mmより大きくなると、十分な正極強度が得られなくなる恐れがある。一方、直径3mm以下の孔の存在割合が前記範囲よりも少なくなると、電極群に非水電解液を均一に浸透させることが困難になるため、十分な充放電サイクル特性が得られなくなる恐れがある。孔の直径は、 $0.1\sim 1\text{ mm}$ の範囲にすることがより好ましい。また、孔の存在割合は、 10 cm^2 当り $10\sim 20$ 個の範囲にすることがより好ましい。

【0029】前述した直径3mm以下の孔が 10 cm^2 当り1個以上の割合で存在する二次元的な多孔質構造を有する導電性基板は、厚さを $15\sim 100\text{ }\mu\text{ m}$ の範囲にすることが好ましい。厚さを $15\text{ }\mu\text{ m}$ 未満にすると、十分な正極強度が得られなくなる恐れがある。一方、厚さが $100\text{ }\mu\text{ m}$ を越えると、電池重量および電極群の厚さが増加し、薄型二次電池の重量エネルギー密度や、体積エネルギー密度を十分に高くすることが困難になる恐れがある。厚さのより好ましい範囲は、 $30\sim 80\text{ }\mu\text{ m}$ である。

【0030】2) 負極

前記負極は、負極層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。

【0031】前記負極層は、リチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物を含む。また、前記負極層は、接着性を有する高分子とは別に、負極材料を結着する結着剤を含んでいる。

【0032】前記炭素質物としては、黒鉛、コークス、炭素繊維、球状炭素などの黒鉛質材料もしくは炭素質材料、熱硬化性樹脂、等方性ピッチ、メソフェーズピッチ、メソフェーズピッチ系炭素繊維、メソフェーズ小球体など（特に、メソフェーズピッチ系炭素繊維が容量や充放電サイクル特性が高くなり好ましい）に $500\sim 3000^\circ\text{C}$ で熱処理を施すことにより得られる黒鉛質材料または炭素質材料等を挙げることができる。中でも、前記熱処理の温度を 2000°C 以上にするにより得られ、(002)面の面間隔 d_{002} が 0.340 nm 以下である黒鉛結晶を有する黒鉛質材料を用いるのが好ましい。このような黒鉛質材料を炭素質物として含む負極を備えた非水電解液二次電池は、電池容量および大電流放電特性を大幅に向上することができる。前記面間隔 d_{002} は、 0.336 nm 以下であることが更に好ましい。

【0033】前記結着剤としては、例えばポリテトラフ

ルオロエチレン (PTFE)、ポリフッ化ビニリデン (PVdF)、エチレン-プロピレン-ジエン共重合体 (EPDM)、スチレン-ブタジエンゴム (SBR)、カルボキシメチルセルロース (CMC) 等を用いることができる。

【0034】前記炭素質物及び前記結着剤の配合割合は、炭素質物 $90\sim 98$ 重量%、結着剤 $2\sim 20$ 重量%の範囲であることが好ましい。

【0035】前記集電体としては、多孔質構造の導電性基板か、あるいは無孔の導電性基板を用いることができる。これら導電性基板は、例えば、銅、ステンレス、またはニッケルから形成することができる。

【0036】中でも、直径3mm以下の孔が 10 cm^2 当り1個以上の割合で存在する二次元的な多孔質構造を有する導電性基板を用いることが好ましい。すなわち、導電性基板の孔の直径が3mmより大きくなると、十分な負極強度が得られなくなる恐れがある。一方、直径3mm以下の孔の存在割合が前記範囲よりも少なくなると、電極群に非水電解液を均一に浸透させることが困難になるため、十分な充放電サイクル特性が得られなくなる恐れがある。孔の直径は、 $0.1\sim 1\text{ mm}$ の範囲にすることがより好ましい。また、孔の存在割合は、 10 cm^2 当り $10\sim 20$ 個の範囲にすることがより好ましい。

【0037】前述した直径3mm以下の孔が 10 cm^2 当り1個以上の割合で存在する二次元的な多孔質構造を有する導電性基板は、厚さを $10\sim 50\text{ }\mu\text{ m}$ の範囲にすることが好ましい。厚さを $10\text{ }\mu\text{ m}$ 未満にすると、十分な負極強度が得られなくなる恐れがある。一方、厚さが $50\text{ }\mu\text{ m}$ を越えると、電池重量および電極群の厚さが増加し、薄型二次電池の重量エネルギー密度や、体積エネルギー密度を十分に高くすることが困難になる恐れがある。

【0038】前記負極層は、前述したリチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物を含むものの他に、アルミニウム、マグネシウム、スズ、けい素等の金属か、金属酸化物か、金属硫化物か、もしくは金属窒化物から選ばれる金属化合物や、リチウム合金を含むものであってもよい。

【0039】前記金属酸化物としては、例えば、スズ酸化物、ケイ素酸化物、リチウムチタン酸化物、ニオブ酸化物、タングステン酸化物等を挙げることができる。

【0040】前記金属硫化物としては、例えば、スズ硫化物、チタン硫化物等を挙げることができる。

【0041】前記金属窒化物としては、例えば、リチウムコバルト窒化物、リチウム鉄窒化物、リチウムマンガン窒化物等を挙げることができる。

【0042】前記リチウム合金としては、例えば、リチウムアルミニウム合金、リチウムスズ合金、リチウム鉛合金、リチウムケイ素合金等を挙げることができる。

【0043】3) セパレータ

このセパレータは、多孔質シートから形成される。

【0044】前記多孔質シートとしては、例えば、多孔質フィルム、もしくは不織布を用いることができる。前記多孔質シートは、例えば、ポリオレフィン及びセルローズから選ばれる少なくとも1種類の材料からなることが好ましい。前記ポリオレフィンとしては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレンを挙げることができる。中でも、ポリエチレンか、あるいはポリプロピレン、または両者からなる多孔質フィルムは、二次電池の安全性を向上できるため、好ましい。

【0045】前記多孔質シートの厚さは、 $30\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。厚さが $30\mu\text{m}$ を越えると、正負極間の距離が大きくなって内部抵抗が大きくなる恐れがある。また、厚さの下限値は、 $5\mu\text{m}$ にすることが好ましい。厚さを $5\mu\text{m}$ 未満にすると、セパレータの強度が著しく低下して内部ショートが生じやすくなる恐れがある。厚さの上限値は、 $25\mu\text{m}$ にすることがより好ましく、また、下限値は $10\mu\text{m}$ にすることがより好ましい。

【0046】前記多孔質シートは、 120°C 、1時間での熱収縮率を20%以下であることが好ましい。前記熱収縮率が20%を越えると、正負極およびセパレータの接着強度を十分なものにすることが困難になる恐れがある。前記熱収縮率は、15%以下にすることがより好ましい。

【0047】前記多孔質シートは、多孔度が30~60%の範囲であることが好ましい。これは次のような理由によるものである。多孔度を30%未満にすると、セパレータにおいて高い電解液保持性を得ることが困難になる恐れがある。一方、多孔度が60%を越えると、十分なセパレータ強度を得られなくなる恐れがある。多孔度のより好ましい範囲は、35~50%である。

【0048】前記多孔質シートは、空気透過率が $600\text{秒}/100\text{cm}^3$ 以下であることが好ましい。空気透過率は、 100cm^3 の空気が多孔質シートを透過するのに要した時間(秒)を意味する。空気透過率が $600\text{秒}/100\text{cm}^3$ を越えると、セパレータにおいて高いリチウムイオン移動度を得ることが困難になる恐れがある。また、空気透過率の下限値は、 $100\text{秒}/100\text{cm}^3$ にすることが好ましい。空気透過率を $100\text{秒}/100\text{cm}^3$ 未満にすると、十分なセパレータ強度を得られなくなる恐れがあるからである。空気透過率の上限値は $500\text{秒}/100\text{cm}^3$ にすることがより好ましく、更に好ましい上限値は $400\text{秒}/100\text{cm}^3$ である。また、下限値は $150\text{秒}/100\text{cm}^3$ にすることがより好ましい。

【0049】4) 非水電解液

前記非水電解液は、 γ -ブチロラクトン(BL)を主体とする混合非水溶媒にリチウム塩を溶解したもので、B

Lの組成比率は混合非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下である。比率が50体積%以下であると、高温時にガスが発生し易くなる。また、混合非水溶媒がBL及び環状カーボネートを含むものである場合、環状カーボネートの比率が相対的に高くなるため、溶媒粘度が高くなり、非水電解液の導電率が低下する。その結果、充放電サイクル特性、大電流放電特性及び -20°C 付近の低温環境下での放電特性が低下する。一方、比率が95体積%を越えると、負極とBLとの反応が生じるため、充放電サイクル特性が低下する。すなわち、負極(例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むもの)とBLとが反応して非水電解液の還元分解が生じると、負極の表面に充放電反応を阻害する被膜が形成される。その結果、負極において電流集中が生じやすくなるため、負極表面にリチウム金属が析出したり、あるいは負極界面のインピーダンスが高くなり、負極の充放電効率が低下し、充放電サイクル特性の低下を招く。より好ましい範囲は、60体積%以上、95体積%以下である。この範囲にすることによって、高温貯蔵時のガス発生を抑制する効果をより高くすることができると共に、 -20°C 付近の低温環境下での放電容量をより向上することができる。更に好ましい範囲は65体積%以上、90体積%以下である。

【0050】BLと混合される溶媒としては、環状カーボネートが負極の充放電効率を高める点で望ましい。

【0051】前記環状カーボネートとしては、プロピレンカーボネート(PC)、エチレンカーボネート(EC)、ビニレンカーボネート(VC)、トリフロロプロピレンカーボネート(TFPC)等が望ましい。特に、BLと混合される溶媒としてECを用いると、充放電サイクル特性と大電流放電特性を大幅に向上することができる。また、BLと混合する他の溶媒としては、PC、VC、TFPC、ジエチルカーボネート(DEC)、メチルエチルカーボネート(MEC)及び芳香族化合物からなる群より選ばれる少なくとも一種からなる第3溶媒とECとの混合溶媒であると、充放電サイクル特性を高める点で望ましい。

【0052】さらに溶媒粘度を低下させる観点から低粘度溶媒を20体積%以下含んでもよい。低粘度溶媒としては例えば鎖状カーボネート、鎖状エーテル、環状エーテル等が挙げられる。

【0053】本発明に係る非水溶媒のより好ましい組成は、BLとEC、BLとPC、BLとECとDEC、BLとECとMEC、BLとECとMECとVC、BLとECとVC、BLとPCとVC、あるいはBLとECとPCとVCである。このとき、ECの体積比率は5~40体積%とすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。ECの比率を5体積%未満にすると、負極表面を保護膜で緻密に覆うことが困難になる恐れがあるため、負極とBLとの反応が生じ、充放電サイ

クル特性を十分に改善することが困難になる可能性がある。一方、ECの比率が40体積%を超えると、非水電解液の粘度が高くなってイオン伝導度が低下する恐れがあるため、充放電サイクル特性、大電流放電特性及び低温放電特性を十分に改善することが困難になる可能性がある。ECの比率の更に好ましい範囲は、10～35体積%である。また、DEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる溶媒は、負極の表面に緻密な保護膜を形成し、負極の界面インピーダンスを低下させる作用をなす。この溶媒の添加量は、特に限定されるものではなく、この作用が生じるような量に設定される。但し、非水溶媒におけるDEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類の溶媒の比率が10体積%を超えると、高温環境下で非水電解液が酸化分解するのを十分に抑制することが困難になるか、あるいは非水電解液の粘度が高くなってイオン導電率が低下する恐れがある。このため、非水溶媒におけるDEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類の溶媒の体積比率は、10体積%以下とすることが望ましい。更に好ましい体積比率は、2体積%以下である。また、体積比率の下限値は、0.001体積%にすることが好ましく、更に好ましい下限値は0.05体積%である。

【0054】特に、50体積%より多く、95体積%以下のBL、EC及びVCを含む非水溶媒が好ましい。この非水溶媒を含む非水電解液と、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含む負極とを備えた非水電解液二次電池は、負極の界面のインピーダンスを大幅に低下させることができると共に、負極に金属リチウムが析出するのを抑制することができるため、負極の充放電効率を向上することができる。その結果、優れた大電流放電特性と、長寿命を実現しつつ、高温貯蔵時のガス発生を抑制して外装材の変形を抑えることができる。このように負極特性が改善されるのは、以下に説明するような作用によるものと推測される。前記二次電池においては、前記負極の表面にECによる保護膜が形成されるに加えて、VCによる薄くて、緻密な被膜が形成される。その結果、BLと負極との反応が更に抑えられるため、インピーダンスの低下及び金属リチウムの析出防止が達成されるものと考えられる。

【0055】また、非水溶媒としては、前述した組成を有するものの代わりに、50体積%より多く、95体積%以下のBL、EC及び芳香族化合物を含むものを用いても良い。前記芳香族化合物としては、例えば、ベンゼン、トルエン、キシレン、ピフェニル及びテルフェニルから選ばれる少なくとも1種類を挙げることができる。ECは、負極（例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むもの）の表面に付着して保護膜を形成し、負極とBLとの反応を抑制することができる。このとき、ECの体積比率は、前述したのと同様な理由によ

り5～40体積%とすることが好ましい。また、ECの比率の更に好ましい範囲は、10～35体積%である。一方、前記芳香族化合物のベンゼン環は、負極（例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むもの）の表面に吸着しやすいため、負極とBLとの反応を抑制することができる。従って、50体積%より多く、95体積%以下のBL、EC及び芳香族化合物を含む非水溶媒を含有する非水電解液は、負極とBLとの反応を十分に抑えることができるため、二次電池の充放電サイクル特性を向上することができる。このような非水溶媒は、さらに、DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる溶媒を含むことが好ましい。DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類の溶媒を添加することによって、負極とBLとの反応を更に抑制することができるため、充放電サイクル特性をさらに向上することができる。中でも、VCが好ましい。芳香族化合物、DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒の添加量は、特に限定されるものではなく、この作用が生じるような量に設定される。但し、非水溶媒における前記第3溶媒の比率が10体積%を超えると、高温環境下で非水電解液が酸化分解するのを十分に抑制することが困難になるか、あるいは非水電解液の粘度が高くなってイオン導電率が低下する恐れがある。このため、非水溶媒における前記第3溶媒の体積比率は、10体積%以下とすることが望ましい。更に好ましい体積比率は、2体積%以下である。また、体積比率の下限値は、0.001体積%にすることが好ましく、更に好ましい下限値は0.05体積%である。

【0056】前記非水電解液に含まれる電解質としては、例えば過塩素酸リチウム（ LiClO_4 ）、六フッ化リン酸リチウム（ LiPF_6 ）、ホウフッ化リチウム（ LiBF_4 ）、六フッ化砒素リチウム（ LiAsF_6 ）、トリフルオロメタスルホン酸リチウム（ LiCF_3SO_3 ）、ビストリフルオロメチルスルホニルイミドリチウム〔 $(\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2))_2$ 〕などのリチウム塩（電解質）が挙げられる。中でも LiPF_6 かあるいは LiBF_4 を用いるのが好ましい。

【0057】前記電解質の前記非水溶媒に対する溶解量は、0.5～2.0モル/lとすることが望ましい。

【0058】前記非水電解液の量は、電池単位容量100mAh当たり0.2～0.6gにすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。非水電解量を0.2g/100mAh未満にすると、正極と負極のイオン伝導度を十分に保つことができなくなる恐れがある。一方、非水電解液量が0.6g/100mAhを越えると、電解液量が多量になってフィルム製外装材による封止が困難になる恐れがある。非水電解液量のより好ましい範囲は、0.4～0.55g/100mAhで

ある。

【0059】5) 接着性を有する高分子

前記接着性を有する高分子は、非水電解液を保持した状態で高い接着性を維持できるものであることが望ましい。さらに、かかる高分子は、リチウムイオン伝導性が高いと好ましい。具体的には、ポリアクリロニトリル(PAN)、ポリアクリレート(PMMA)、ポリフッ化ビニリデン(PVdF)、ポリ塩化ビニル(PVC)、またはポリエチレンオキシド(PEO)等を挙げることができる。特に、ポリフッ化ビニリデンが好ましい。ポリフッ化ビニリデンは、非水電解液を保持することができ、非水電解液を含むと一部ゲル化を生じるため、イオン伝導度をより向上することができる。

【0060】前記接着性を有する高分子は、正極、負極、セパレータの空隙内において微細な孔を有する多孔質構造をとることが好ましい。多孔質構造を有する接着性を有する高分子は、非水電解液を保持することができる。

【0061】前記電池に含まれる接着性を有する高分子の総量は、電池容量100mAh当たり0.1~6mgにすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。接着性を有する高分子の総量を電池容量100mAh当たり0.1mg未満にすると、正極、セパレータ及び負極の密着性を十分に向上させることが困難になる恐れがある。一方、前記総量が電池容量100mAh当たり6mgを越えると、二次電池のリチウムイオン伝導度の低下や、内部抵抗の上昇を招く恐れがあり、放電容量、大電流放電特性及び充放電サイクル特性を改善することが困難になる恐れがある。接着性を有する高分子の総量のより好ましい範囲は、電池容量100mAh当たり0.2~1mgである。

【0062】6) 外装材

この外装材には、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシート製の第1の外装材か、厚さが0.3mm以下の第2の外装材が用いられる。この第1及び第2の外装材は、軽量であるために電池重量当たりのエネルギー密度を高くすることができるものの、可撓性(flexibility)を有するために電極群または非水電解液から発生するガスにより変形しやすい。

【0063】第1の外装材に含まれる樹脂層は、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン等から形成することができる。具体的には、前記第1の外装材は、金属層と、前記金属層の両面に配置された保護層とが一体化されたシートからなる。前記金属層は、水分を遮断する役割をなす。前記金属層は、例えば、アルミニウム、ステンレス、鉄、銅、ニッケル等を挙げることができる。中でも、軽量で、水分を遮断する機能が高いアルミニウムが好ましい。前記金属層は、1種類の金属から形成しても良いが、2種類以上の金属層を一体化させたものから形成しても良い。前記2つの保護層のうち、外部と接す

る保護層は前記金属層の損傷を防止する役割をなす。この外部保護層は、1種類の樹脂層、もしくは2種類以上の樹脂層から形成される。一方、内部保護層は、前記金属層が非水電解液により腐食されるのを防止する役割を担う。この内部保護層は、1種類の樹脂層、もしくは2種類以上の樹脂層から形成される。また、かかる内部保護層の表面に熱融着性樹脂を配することができる。

【0064】前記第1の外装材の厚さが0.5mmを超えると、電池の重量当たりの容量が低下する。第1の外装材の厚さは0.3mm以下にすることが好ましく、更に好ましくは0.25mm以下で、最も好ましくは0.15mm以下である。また、厚さが0.05mmより薄いと、変形や破損し易くなる。このため、厚さの下限値は0.05mmにすることが好ましい。更に好ましい下限値は0.08mmで、最も好ましい範囲は0.1mmである。

【0065】前記第2の外装材には、例えば、金属缶、または水分を遮断する機能を有するフィルムを用いることができる。前記金属缶は、例えば、鉄、ステンレス、アルミニウムから形成することができる。一方、前記フィルムとしては、例えば、金属層と、前記金属層の少なくとも一部に形成された可撓性を有する合成樹脂層とを含むラミネートフィルムを挙げることができる。前記金属層は、例えば、アルミニウム、ステンレス、鉄、銅、ニッケル等を挙げることができる。中でも、軽量で、水分を遮断する機能が高いアルミニウムが好ましい。また、前記合成樹脂としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン等を挙げることができる。

【0066】前記第2の外装材の厚さが0.3mmより厚いと、薄型化の効果が小さい、つまり重量エネルギー密度を十分に高くすることが困難になる。前記第2の外装材の厚さは、0.25mm以下にすることが好ましく、更に好ましい範囲は0.15mm以下である。また、厚さが0.05mmより薄いと、変形や破損し易くなる。このため、厚さの下限値は0.05mmにすることが好ましい。更に好ましい下限値は0.08mmで、最も好ましい範囲は0.1mmである。特に、前記第2の外装材の厚さは、0.05~0.3mmの範囲内であることが好ましい。さらに好ましい範囲は0.08~0.15mmである。

【0067】外装材の厚さは、以下に説明する方法で測定される。すなわち、外装材の封止部を除く領域において、互いに1cm以上離れて存在する3点を任意に選択し、各点の厚さを測定し、平均値を算出し、この値を外装材の厚さとする。なお、前記外装材の表面に異物(例えば、樹脂)が付着している場合、この異物を除去してから厚さの測定を行う。例えば、前記外装材の表面にPVdFが付着している場合、前記外装材の表面をジメチルホルムアミド溶液で拭き取ることによりPVdFを除去した後、厚さの測定を行う。

【0068】前記フィルム製外装材を用いる場合、前記電極群がその表面の少なくとも一部に形成された接着層により前記外装材の内面に接着されていることが望ましい。このような構成にすると、前記電極群の表面に前記外装材を固定することができるため、電解液が電極群と外装材の間に浸透するのを抑えることができる。

【0069】この非水電解液二次電池の一例である薄型リチウムイオン二次電池を図1及び図2を参照して詳細に説明する。

【0070】図1は、本発明に係わる第1の非水電解液二次電池の一例である薄型リチウムイオン二次電池を示す断面図、図2は図1のA部を示す拡大断面図、図3は図1の二次電池における正極層、セパレータ及び負極層の境界付近を示す模式図である。

【0071】図1に示すように、例えばフィルムからなる外装材1は、電極群2を包囲している。前記電極群2は、正極、セパレータおよび負極からなる積層物が偏平形状に捲回された構造を有する。前記積層物は、図2に示すように、(図の下側から)セパレータ3、正極層4と正極集電体5と正極層4を備えた正極12、セパレータ3、負極層6と負極集電体7と負極層6を備えた負極13、セパレータ3、正極層4と正極集電体5と正極層4を備えた正極12、セパレータ3、負極層6と負極集電体7を備えた負極13がこの順番に積層されたものからなる。前記電極群2は、最外層に前記負極集電体7が位置している。前記電極群2の表面は、接着部8が存在している。前記外装材1の内面は、前記接着部8に接着されている。図3に示すように、正極層4、セパレータ3及び負極層6の空隙には、接着性を有する高分子9がそれぞれ保持されている。正極12及びセパレータ3は、正極層4及びセパレータ3の内部及びこれらの境界に点在する接着性を有する高分子9により接着されている。一方、負極13及びセパレータ3は、負極層6及びセパレータ3の内部及びこれらの境界に点在する接着性を有する高分子9により接着されている。非水電解液は、前記外装材1内の前記電極群2に含浸されている。带状の正極リード10は、一端が前記電極群2の前記正極集電体5に接続され、かつ他端が前記外装材1から延出されている。一方、带状の負極リード11は、一端が前記電極群2の前記負極集電体7に接続され、かつ他端が前記外装材1から延出されている。

【0072】なお、前述した図1においては、電極群2の表面全体に接着部8を形成したが、電極群2の一部に接着部8を形成しても良い。電極群2の一部に接着部8を形成する場合、少なくとも電極群の最外周に相当する面に形成することが好ましい。また、接着部8はなくても良い。

【0073】この前述した(a)の条件を満足する電極群を備える非水電解液二次電池は、例えば、以下に説明する(1)方法で製造される。ただし、本発明に係る非

水電解液二次電池の製造方法は本発明の範囲にあるものであれば以下の形態に限定されるものではない。

【0074】<製造方法(1)>

(第1工程) 正極及び負極の間にセパレータとして多孔質シートを介在させて電極群を作製する。

【0075】前記電極群は、正極と負極をその間に接着性を有する高分子未保持のセパレータを介して渦巻き状に捲回するか、もしくは渦巻き状に捲回した後、径方向に圧縮するか、あるいは正極と負極をその間に接着性を有する高分子未保持のセパレータを介して複数回折り曲げることにより作製されることが望ましい。このような方法で作製すると、後述する第2工程において、正極、負極及びセパレータに接着性を有する高分子の溶液を浸透させつつ、正極とセパレータの境界及び負極とセパレータの境界全体に前記溶液が浸透するのを防止することができる。その結果、正極、負極及びセパレータに接着性を有する高分子を点在させることが可能になると共に、正極とセパレータの境界及び負極とセパレータの境界に接着性を有する高分子を点在させることができる。

【0076】前記正極は、例えば、正極活物質に導電剤および結着剤を適当な溶媒に懸濁し、この懸濁物を集電体に塗布、乾燥して薄板状にすることにより作製される。前記正極活物質、導電剤、結着剤及び集電体としては、前述した(1)正極の欄で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0077】前記負極は、例えば、リチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物と結着剤とを溶媒の存在下で混練し、得られた懸濁物を集電体に塗布し、乾燥した後、所望の圧力で1回プレスもしくは2～5回多段階プレスすることにより作製される。

【0078】前記炭素質物、結着剤及び集電体としては、前述した(2)負極の欄で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0079】前記セパレータの多孔質シートとしては、前述した(3)セパレータの欄で説明したのと同様なものを用いることができる。

【0080】(第2工程) 袋状に加工された外装材内に前記電極群を積層面が開口部から見えるように収納する。溶媒に接着性を有する高分子を溶解させることにより得られた溶液を開口部から前記外装材内の電極群に注入し、前記溶液を前記電極群に含浸させる。

【0081】前記外装材としては、前述した(6)外装材の欄で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0082】前記接着性を有する高分子としては、前述した(5)の接着性を有する高分子の欄で説明したのと同様なものを挙げることができる。特に、PVdFが好ましい。

【0083】前記溶媒には、沸点が200℃以下の有機溶媒を用いることが望ましい。かかる有機溶媒としては、例えば、ジメチルフォルムアミド(沸点153℃)を挙

げることができる。有機溶媒の沸点が200℃を越えると、後述する真空乾燥の温度を100℃以下にした際、乾燥時間が長く掛かる恐れがある。また、有機溶媒の沸点の下限値は、50℃にすることが好ましい。有機溶媒の沸点を50℃未満にすると、前記溶液を電極群に注入している間に前記有機溶媒が蒸発してしまう恐れがある。沸点の上限値は、180℃にすることがさらに好ましく、また、沸点の下限値は100℃にすることがさらに好ましい。

【0084】前記溶液中の接着性を有する高分子の濃度は、0.05～2.5重量%の範囲にすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。前記濃度を0.05重量%未満にすると、正負極及びセパレータを十分な強度で接着することが困難になる恐れがある。一方、前記濃度が2.5重量%を越えると、非水電解液を保持できるだけの十分な多孔度を得ることが困難になって電極の界面インピーダンスが著しく大きくなる恐れがある。界面インピーダンスが増大すると、容量及び大電流放電特性が大幅に低下する。濃度のより好ましい範囲は、0.1～1.5重量%である。

【0085】前記溶液の注入量は、前記溶液の接着性を有する高分子の濃度が0.05～2.5重量%である場合、電池容量100mAh当たり0.1～2mlの範囲にすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。前記注入量を0.1ml未満にすると、正極、負極及びセパレータの密着性を十分に高めることが困難になる恐れがある。一方、前記注入量が2mlを越えると、二次電池のリチウムイオン伝導度の低下や、内部抵抗の上昇を招く恐れがあり、放電容量、大電流放電特性及び充放電サイクル特性を改善することが困難になる恐れがある。前記注入量のより好ましい範囲は、電池容量100mAh当たり0.15～1mlである。

【0086】(第3工程)前記電極群に真空乾燥を施すことにより前記溶液中の溶媒を蒸発させ、前記正極、負極及びセパレータの空隙内に接着性を有する高分子を存在せしめる。この工程により、前記正極と前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により接着されると共に、前記負極と前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により接着される。また、この真空乾燥により前記電極群中に含まれる水分の除去を同時に行うことができる。

【0087】なお、前記電極群は、微量の溶媒を含むことを許容する。

【0088】前記真空乾燥は、100℃以下で行うことが好ましい。これは次のような理由によるものである。真空乾燥の温度が100℃を越えると、前記セパレータが大幅に熱収縮する恐れがある。熱収縮が大きくなると、セパレータが反るため、正極、負極及びセパレータを強固に接着することが困難になる。また、前述した熱

収縮は、ポリエチレンまたはポリプロピレンを含む多孔質フィルムをセパレータとして用いる場合に顕著に生じやすい。真空乾燥の温度が低くなるほどセパレータの熱収縮を抑制できるものの、真空乾燥の温度を40℃未満にすると、十分に溶媒を蒸発させることが困難になる恐れがある。このため、真空乾燥温度は、40～100℃にすることがより好ましい。

【0089】(第4工程)前記外装材内の電極群に非水電解液を注入した後、前記外装材の開口部を封止することにより薄型非水電解液二次電池を組み立てる。

【0090】前記非水電解液としては、前述した(4)非水電解液の欄で説明したものと同様なものを用いることができる。

【0091】前述した製造方法においては、接着性を有する高分子が溶解された溶液の注入を外装材に電極群を収納してから行ったが、外装材に収納せずに注入を行っても良い。この場合、まず、正極と負極の間にセパレータを介在させて電極群を作製する。前記電極群に前記溶液を含浸させた後、前記電極群に真空乾燥を施すことにより前記溶液の溶媒を蒸発させ、前記正極、負極及びセパレータの空隙内に接着性を有する高分子を存在せしめる。このような電極群を外装材に収納した後、非水電解液を注入し、封口等を行うことにより薄型の非水電解液二次電池を製造することができる。外装材への収納前に電極群外周に接着剤を塗布してもよい。それにより外装材に電極群を接着することができる。また、この場合、外装材としてフィルムの代わりに金属缶を用いることができる。

【0092】(第5工程)上記の如くに組み立てた二次電池に30℃～80℃の温度条件下で、0.05C以上、0.5C以下の充電レートで初充電を施す。この条件での充電は1サイクルのみでも良いし、2サイクル以上行ってもよい。また、初充電前に30℃～80℃の温度条件下に1時間～20時間程度保管してもよい。

【0093】ここで、1C充電レートとは公称容量(Ah)を1時間で充電するために必要な電流値である。

【0094】前記初充電の温度を前記範囲に規定するのは次のような理由によるものである。初充電温度が30℃未満であると、非水電解液の粘度が高いままであるために非水電解液を正極、負極及びセパレータに均一に含浸させることが困難になり、内部インピーダンスが増加し、また活物質の利用率が低下する。一方、初充電温度が80℃を超えると、正極及び負極に含まれる結着剤が劣化する。

【0095】初充電の充電レートを0.05～0.5Cの範囲にすることによって、充電による正極と負極の膨張を適度に遅くすることができるため、正極及び負極に非水電解液を均一に浸透させることができる。

【0096】このような工程を具備することによって、電極やセパレータの空隙に非水電解液を均一に含浸させ

ることができるため、非水電解液二次電池の1kHzの内部インピーダンスを小さくすることができ、電池容量と1kHzの内部インピーダンスの積を10mΩ・Ah以上110mΩ・Ah以下の範囲にすることができる。その結果、活物質の利用率を増大させることができるため、実質的な電池の容量を大きくすることができる。また、電池の充放電サイクル特性及び大電流放電特性を向上させることができる。

【0097】次いで、前述した(b)を満足する電極群と、前述した50体積%より多く、95体積%以下のγ-ブチロラクトンを含む非水溶媒を含有した非水電解液を備える非水電解液二次電池について説明する。

【0098】この二次電池においては、前記正極、前記負極及び前記セパレータが、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されている。

【0099】前記セパレータとしては、前述した(3)セパレータの欄で説明したのと同様なものが用いられる。また、前記電極群を収納する外装材としては、前述した(6)外装材の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0100】前記正極は、活物質、結着剤及び導電剤を含む正極層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。前記活物質、結着剤、導電剤及び集電体としては、前述した(1)正極の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0101】前記負極は、リチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物及び結着剤を含む負極層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。前記炭素質物、結着剤及び集電体としては、前述した(2)負極の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0102】前記負極層は、前述したリチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物を含むものの他に、アルミニウム、マグネシウム、スズ、けい素等の金属か、金属酸化物か、金属硫化物か、もしくは金属窒化物から選ばれる金属化合物や、リチウム合金を含むものであってもよい。前記金属酸化物、前記金属硫化物、前記金属窒化物及び前記リチウム合金としては、前述した(2)負極の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0103】この二次電池は、例えば、以下に説明する方法(II)で製造される。

【0104】<製造方法(II)>

(第1工程)以下の(a)～(c)に説明する方法により電極群を作製する。

【0105】(a)正極及び負極をその間にセパレータを介在させて渦巻き状に捲回する。

【0106】(b)正極及び負極をその間にセパレータを介在させて渦巻き状に捲回した後、径方向に圧縮する。

【0107】(c)正極及び負極をその間にセパレータ

を介在させて2回以上折り曲げる。

【0108】(第2工程)袋状のフィルム製外装材内に前記電極群を収納する。

【0109】(第3工程)前記電極群を40～120℃に加熱しながら成形する。

【0110】前記成形は、前記電極群が前記(a)の方法で作製される場合には径方向に、前記電極群が前記(b)または(c)の方法で作製される場合には積層方向に圧縮されるように行う。

【0111】前記成形は、例えば、プレス成形、あるいは成型型への詰め込み等により行うことができる。

【0112】電極群の成形を行う際に前記電極群の加熱を行う理由を説明する。前記電極群には接着性を有する高分子が含まれていない。このため、この電極群に常温で成形を行うと、成形後にスプリングバックが生じる、つまり正極とセパレータ、及び負極とセパレータの間に隙間が生じる。その結果、正極とセパレータの接触面積及び負極とセパレータの接触面積が低下するため、内部インピーダンスが大きくなる。前記電極群に40℃以上で成形を行うことによって、正極及び負極に含まれる結着剤を熱硬化させることができるため、電極群の硬度を高めることができる。その結果、成形後のスプリングバックを抑制することができるため、正極とセパレータの接触面積及び負極とセパレータの接触面積を向上することができ、その接触面積を充放電サイクルを繰り返しても維持することができる。一方、前記電極群の温度が120℃を超えると、セパレータが大幅に熱収縮する恐れがある。より好ましい温度は、60～100℃である。

【0113】前述した特定温度に加熱しながらの成形は、例えば、常圧下、もしくは減圧下、あるいは真空中で行うことができる。減圧下、あるいは真空中で行うと、電極群からの水分除去効率が向上されるため、望ましい。

【0114】前記成形をプレス成形により行う場合、プレス圧は、0.01～20kg/cm²の範囲にすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。プレス圧を0.01kg/cm²より低くすると、成形後のスプリングバックを抑制することが困難になる恐れがある。一方、プレス圧が20kg/cm²より高いと、電極群中の空隙率が低下する恐れがあるため、電極群の非水電解液保持量が不足する恐れがある。

【0115】(第4工程)前記外装材内の電極群に非水電解液を注入した後、前記外装材の開口部を封止することにより前述した非水電解液二次電池を組み立てる。

【0116】前述した製造方法においては、外装材に電極群を収納してから電極群を特定温度に加熱しつつ成形したが、外装材に収納する前に前述した加熱成形を行っても良い。この場合、まず、前述した第1の工程により電極群を作製する。前記電極群を40～120℃に加熱しながら成形する。次いで、前記電極群を外装材に収納

した後、非水電解液を注入し、封口等を行うことにより前述した非水電解液二次電池を組み立てることができる。このとき、外装材としてフィルムの代わりに金属缶を用いることができる。

【0117】（第5工程）上記の如くに組み立てた二次電池に30℃～80℃の温度条件下で、0.05C以上、0.5C以下の充電レートで初充電を施す。この条件での充電は1サイクルのみでも良いし、2サイクル以上行ってもよい。また、初充電前に30℃～80℃の温度条件下に1時間～20時間程度保管してもよい。

【0118】前記初充電の温度及び初充電の充電レートを前記範囲に規定するのは、前述したのと同様な理由によるものである。

【0119】このような工程を具備することによって、電極やセパレータの空隙に非水電解液を均一に含浸させることができるため、非水電解液二次電池の1kHzの内部インピーダンスを小さくすることができ、電池容量と1kHzの内部インピーダンスの積を10mΩ・Ah以上110mΩ・Ah以下の範囲にすることができる。その結果、活物質の利用率を増大させることができるため、実質的な電池の容量を大きくすることができる。また、電池の充放電サイクル特性及び大電流放電特性を向上させることができる。

【0120】なお、本発明に係る第1の非水電解液二次電池においては、外装材としてアルミニウムなどからなる缶を用い、正極、負極及びセパレータからなる電極群を捲回し缶に挿入した構造であってもよい。その場合、接着部あるいは接着性を有する高分子はなくとも良い。

【0121】次いで、本発明に係る第2の非水電解液二次電池について説明する。

【0122】この二次電池は、正極集電体、及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体、及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される外装材；を具備する。

【0123】前記正極活物質層の空隙率は、前記負極活物質層の空隙率に比べて低い。また、前記正極活物質層の厚さは10～100μmである。さらに、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有する。

【0124】この二次電池は、前記正極、前記負極及び前記セパレータが一体化されていなくても良いが、以下の（a）、または（b）に説明するような条件で一体化されていることが好ましい。

【0125】（a）前記正極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高

分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化されている。特に、前記正極及び前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化されていると共に、前記負極及び前記セパレータがこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化されていることが望ましい。

【0126】（b）前記正極、前記負極及び前記セパレータが、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されている。

【0127】この（a）または（b）の構成にすることによって、外装材の膨れをより一層低減することができる。

【0128】また、前記二次電池は、電池容量（Ah）と1kHzの電池内部インピーダンス（mΩ）の積が10mΩ・Ah以上、110mΩ・Ah以下であることが望ましい。容量とインピーダンスの積を前記範囲にすることによって、大電流放電特性と充放電サイクル特性をより向上させることができる。ここで、電池容量とは、公称容量あるいは0.2Cで放電した際の放電容量である。より好ましい範囲は、20mΩ・Ah以上、60mΩ・Ah以下である。

【0129】電池容量とインピーダンスの積を10mΩ・Ah以上、110mΩ・Ah以下にするのは、例えば、前述した（I）の製造方法か、あるいは前述した、（II）の製造方法により可能である。但し、（I）において、接着性高分子の添加量、接着性高分子の分布及び初充電条件を、電池容量とインピーダンスの積が10mΩ・Ah以上、110mΩ・Ah以下になるように設定する。また、（II）においては、電極群を成形する際の温度とプレス圧、及び初充電条件を、電池容量とインピーダンスの積が10mΩ・Ah以上、110mΩ・Ah以下になるように設定する。

【0130】以下、前述した（a）を満足する電極群を備える非水電解液二次電池について説明する。

【0131】1）正極

この正極は、活物質、導電剤、接着性を有する高分子及び結着剤を含む正極活物質層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。

【0132】前記活物質、導電剤、接着性を有する高分子及び結着剤としては、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0133】前記正極活物質層の厚さは、10～100μmの範囲にする。ここで、正極活物質層の厚さとは、セパレータと対向する正極活物質表面と集電体と接する正極活物質表面との距離を意味する。例えば、図4に示すように、集電体Sの両面に正極活物質層Pが担持されている場合、セパレータと対向する正極活物質表面P₁と集電体と接する正極活物質表面P₂との距離が正極活

物質層の厚さTである。従って、正極集電体の両面に正極活物質層が担持されている場合、正極活物質層の片面の厚さが10～100 μm で、正極活物質層の合計厚さが20～200 μm の範囲となる。正極活物質層の厚さを10 μm 未満にすると、集電体重量比率と体積比率が高くなるため、エネルギー密度が低下する。厚さの好ましい下限値は、30 μm で、更に好ましい下限値は50 μm である。一方、正極活物質層の厚さが100 μm を超えると、急速充放電サイクル時に非水電解液が正極表面に集中し、正極内部における電極反応がほとんど進行しなくなるため、サイクル寿命が低下する。厚さの好ましい上限値は85 μm で、更に好ましい上限値は60 μm である。特に、正極活物質層の厚さは、10～60 μm の範囲にすることが好ましい。この範囲内であると、大電流放電特性とサイクル寿命が大幅に向上する。更に好ましい範囲は、30～50 μm である。

【0134】前記正極活物質層の厚さは、以下に説明する方法で測定される。まず、互いに1cm以上離れて存在する10点を任意に選択し、各点の厚さを測定し、その平均値を算出することにより正極の厚さを測定する。但し、測定しようとしている正極が、集電体の両面に正極活物質層が担持された構造を有する場合には、片方の正極活物質層を除去してから正極の厚さを測定する。次いで、集電体から正極活物質層を除去し、集電体の厚さを測定する。集電体の厚さは、互いに1cm以上離れて存在する10点を任意に選択し、各点の厚さを測定し、その平均値を算出することにより求められる。前記正極の厚さと前記集電体の厚さの差を、求める正極活物質層の厚さとする。

【0135】前記正極活物質層の空隙率は、前記負極活物質層の空隙率に比べて低い。前記正極活物質層の空隙率は、25～40%の範囲にすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。空隙率を25%未満にすると、正極活物質層の厚さを規制していても非水電解液を均一に浸透させることが困難になる恐れがある。一方、空隙率が40%を超えると、高容量、つまり高エネルギー密度を得られなくなる恐れがある。空隙率のより好ましい範囲は、30～35%である。

【0136】前記集電体としては、多孔質構造の導電性基板か、あるいは無孔の導電性基板を用いることができる。これら導電性基板は、例えば、アルミニウム、ステンレス、またはニッケルから形成することができる。集電体の厚さは、5～20 μm の範囲にすることが好ましい。この範囲内であると、正極強度と軽量化のバランスがとれるからである。

【0137】2) 負極

この負極は、リチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物、接着性を有する高分子及び結着剤を含む負極活物質層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。

【0138】前記リチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物、導電剤、接着性を有する高分子、結着剤及び集電体としては、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げるができる。

【0139】前記負極活物質層の厚さは、10～100 μm の範囲にすることが好ましい。ここで、負極活物質層の厚さとは、セパレータと対向する負極活物質表面と集電体と接する負極活物質表面との距離を意味する。なお、負極集電体の両面に負極活物質層が担持されている場合、負極活物質層の片面の厚さを10～100 μm にし、かつ負極活物質層の合計厚さを20～200 μm の範囲にすることが望ましい。負極活物質層の厚さを10 μm 未満にすると、集電体重量比率と体積比率が高くなるため、エネルギー密度を十分に向上させることが困難になる恐れがある。厚さの好ましい下限値は、30 μm で、更に好ましい下限値は50 μm である。一方、負極活物質層の厚さが100 μm を超えると、非水電解液が負極表面に集中しやすくなるため、サイクル寿命を十分に改善することが困難になる恐れがある。厚さの好ましい上限値は85 μm で、更に好ましい上限値は60 μm である。特に、負極活物質層の厚さは、10～60 μm の範囲にすることが好ましい。この範囲内であると、大電流放電特性とサイクル寿命が大幅に向上する。更に好ましい範囲は、30～50 μm である。

【0140】前記負極活物質層の厚さは、以下に説明する方法で測定される。まず、互いに1cm以上離れて存在する10点を任意に選択し、各点の厚さを測定し、その平均値を算出することにより負極の厚さを測定する。但し、測定しようとしている負極が、集電体の両面に負極活物質層が担持された構造を有する場合には、片方の負極活物質層を除去してから負極の厚さを測定する。次いで、集電体から負極活物質層を除去し、集電体の厚さを測定する。集電体の厚さは、互いに1cm以上離れて存在する10点を任意に選択し、各点の厚さを測定し、その平均値を算出することにより求められる。前記負極の厚さと前記集電体の厚さの差を、求める負極活物質層の厚さとする。

【0141】前記負極活物質層の空隙率は、35～50%の範囲にすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。空隙率を35%未満にすると、非水電解液の分布が不均一になる恐れがあるため、リチウムデンドライドが析出する可能性がある。一方、空隙率が50%を超えると、高容量、つまり高エネルギー密度を得られなくなる恐れがある。空隙率のより好ましい範囲は、35～45%である。

【0142】前記炭素質物及び前記結着剤の配合割合は、炭素質物90～98重量%、結着剤2～20重量%の範囲であることが好ましい。特に、前記炭素質物は負極を作製した状態で片面で10～70 g/cm^2 の範囲にすることが好ましい。

【0143】前記負極活物質層の密度は、1.20～1.50 g/cm³ の範囲にすることが好ましい。

【0144】前記集電体としては、多孔質構造の導電性基板か、あるいは無孔の導電性基板を用いることができる。これら導電性基板は、例えば、銅、ステンレス、またはニッケルから形成することができる。集電体の厚さは、5～20 μm の範囲にすることが好ましい。この範囲内であると、負極強度と軽量化のバランスがとれるからである。

【0145】前記負極活物質層は、前述したリチウムイオンを吸蔵・放出する炭素質物質を含むものの代わりに、アルミニウム、マグネシウム、スズ、けい素等の金属か、金属酸化物か、金属硫化物か、もしくは金属窒化物から選ばれる金属化合物や、リチウム合金を含むものであってもよい。

【0146】前記金属酸化物、前記金属硫化物、前記金属窒化物、前記リチウム合金としては、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0147】3) セパレータ

このセパレータは、多孔質シートから形成される。

【0148】前記多孔質シートとしては、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げることができる。

【0149】4) 非水電解液

前記非水電解液は、γ-ブチロラクトン (BL) を含む混合非水溶媒にリチウム塩を溶解したもので、BL の組成比率は混合非水溶媒全体の40体積%以上、95体積%以下である。前記混合非水溶媒では、BL の組成比率を最も多くすることが好ましい。比率が40体積%未満であると、正極活物質層の厚さを規制していても高温時にガスが発生し易くなる。また、混合非水溶媒がBL及び環状カーボネートを含むものである場合、環状カーボネートの比率が相対的に高くなるため、溶媒粘度が著しく高くなる。その結果、非水電解液の導電率及び浸透性が大幅に低下するため、正極活物質層の厚さを規制しても充放電サイクル特性、大電流放電特性及び-20℃付近の低温環境下での放電特性が低下する。一方、比率が95体積%を越えると、負極とBLとの反応が生じるため、充放電サイクル特性が低下する。すなわち、負極

(例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物質を含むもの) とBLとが反応して非水電解液の還元分解が生じると、負極の表面に充放電反応を阻害する被膜が形成される。その結果、負極において電流集中が生じやすくなるため、負極表面にリチウム金属が析出したり、あるいは負極界面のインピーダンスが高くなり、負極の充放電効率が低下し、充放電サイクル特性の低下を招く。より好ましい範囲は、60体積%以上、90体積%以下である。この範囲にすることによって、高温貯蔵時のガス発生を抑制する効果をより高くすることができると共

に、-20℃付近の低温環境下での放電容量をより向上することができる。更に好ましい範囲は75体積%以上、90体積%以下である。

【0150】BLと混合される溶媒としては、環状カーボネートが負極の充放電効率を高める点で望ましい。

【0151】前記環状カーボネートとしては、プロピレンカーボネート (PC)、エチレンカーボネート (EC)、ビニレンカーボネート (VC)、トリフロロプロピレンカーボネート (TFPC) 等が望ましい。特に、BLと混合される溶媒としてECを用いると、充放電サイクル特性と大電流放電特性を大幅に向上することができる。また、BLと混合する他の溶媒としては、PC、VC、TFPC、ジエチルカーボネート (DEC)、メチルエチルカーボネート (MEC) 及び芳香族化合物からなる群より選ばれる少なくとも一種からなる第3溶媒とECとの混合溶媒であると、充放電サイクル特性を高める点で望ましい。

【0152】さらに溶媒粘度を低下させる観点から低粘度溶媒を20体積%以下含んでもよい。低粘度溶媒としては例えば鎖状カーボネート、鎖状エーテル、環状エーテル等が挙げられる。

【0153】本発明に係る非水溶媒のより好ましい組成は、BLとEC、BLとPC、BLとECとDEC、BLとECとMEC、BLとECとMECとVC、BLとECとVC、BLとPCとVC、あるいはBLとECとPCとVCである。このとき、ECの体積比率は5～40体積%とすることが好ましい。これは次のような理由によるものである。ECの比率を5体積%未満にすると、負極表面を保護膜で緻密に覆うことが困難になる恐れがあるため、負極とBLとの反応が生じ、充放電サイクル特性を十分に改善することが困難になる可能性がある。一方、ECの比率が40体積%を超えると、非水電解液の粘度が高くなってイオン伝導度が低下する恐れがあるため、充放電サイクル特性、大電流放電特性及び低温放電特性を十分に改善することが困難になる可能性がある。ECの比率の更に好ましい範囲は、10～35体積%である。また、DEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる溶媒は、負極の表面に緻密な保護膜を形成し、負極の界面インピーダンスを低下させる作用をなす。この溶媒の添加量は、特に限定されるものではなく、この作用が生じるような量に設定される。但し、非水溶媒におけるDEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類の溶媒の比率が10体積%を超えると、高温環境下で非水電解液が酸化分解するのを十分に抑制することが困難になるか、あるいは非水電解液の粘度が高くなってイオン導電率が低下する恐れがある。このため、非水溶媒におけるDEC、MEC、PC及びVCから選ばれる少なくとも1種類の溶媒の体積比率は、10体積%以下とすることが望ましい。更に好ましい体積比率は、2体積%以下である。ま

た、体積比率の下限値は、0.001体積%にすることが好ましく、更に好ましい下限値は0.05体積%である。

【0154】特に、40～95体積%のBL、EC及びVCを含む非水溶媒が好ましい。この非水溶媒を含む非水電解液と、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含む負極とを備えた非水電解液二次電池は、負極の界面のインピーダンスを大幅に低下させることができると共に、負極に金属リチウムが析出するのを抑制することができるため、負極の充放電効率を向上することができる。その結果、優れた大電流放電特性と、長寿命を実現しつつ、高温貯蔵時のガス発生を抑制して外装材の変形を抑えることができる。このように負極特性が改善されるのは、以下に説明するような作用によるものと推測される。前記二次電池においては、前記負極の表面にECによる保護皮膜が形成されるに加えて、VCによる薄くて、緻密な被膜が形成される。その結果、BLと負極との反応が更に抑えられるため、インピーダンスの低下及び金属リチウムの析出防止が達成されるものと考えられる。

【0155】また、非水溶媒としては、前述した組成を有するものの代わりに、40～95体積%のBL、EC及び芳香族化合物を含むものを用いても良い。前記芳香族化合物としては、例えば、ベンゼン、トルエン、キシレン、ビフェニル及びテルフェニルから選ばれる少なくとも1種類を挙げることができる。ECは、負極（例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むもの）の表面に付着して保護膜を形成し、負極とBLとの反応を抑制することができる。このとき、ECの体積比率は、前述したのと同様な理由により5～40体積%とすることが好ましい。また、ECの比率の更に好ましい範囲は、10～35体積%である。一方、前記芳香族化合物のベンゼン環は、負極（例えば、リチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むもの）の表面に吸着しやすいため、負極とBLとの反応を抑制することができる。従って、40～95体積%のBL、EC及び芳香族化合物を含む非水溶媒を含有する非水電解液は、負極とBLとの反応を十分に抑えることができるため、二次電池の充放電サイクル特性を向上することができる。このような非水溶媒は、さらに、DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる溶媒を含むことが好ましい。DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる溶媒を添加することによって、負極とBLとの反応を更に抑制することができるため、充放電サイクル特性をさらに向上することができる。中でも、VCが好ましい。芳香族化合物、DEC、MEC、PC、TFPC及びVCから選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒の添加量は、特に限定されるものではなく、この作用が生じるような量に設定される。但し、非水溶媒における前記第3

溶媒の比率が10体積%を超えると、高温環境下で非水電解液が酸化分解するのを十分に抑制することが困難になるか、あるいは非水電解液の粘度が高くなってイオン導電率が低下する恐れがある。このため、非水溶媒における前記第3溶媒の体積比率は、10体積%以下とすることが望ましい。更に好ましい体積比率は、2体積%以下である。また、体積比率の下限値は、0.001体積%にすることが好ましく、更に好ましい下限値は0.05体積%である。

10 【0156】前記非水電解液に含まれる電解質としては、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げることができる。中でも、LiPF₆かあるいはLiBF₄を用いるのが好ましい。

【0157】前記電解質の前記非水溶媒に対する溶解量は、0.5～2.0モル/lとすることが望ましい。

【0158】前記非水電解液には、セパレータとの塗れ性を良くするために、トリオクチルフォスフェートなどの界面活性剤を0.1～1%の範囲で添加しても良い。

20 【0159】前記非水電解液の量は、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様な理由により、電池単位容量100mAh当たり0.2～0.6gにすることが好ましい。非水電解液量のより好ましい範囲は、0.4～0.55g/100mAhである。

【0160】5) 接着性を有する高分子

前記接着性を有する高分子は、非水電解液を保持した状態で高い接着性を維持できるものであることが望ましい。さらに、かかる高分子は、リチウムイオン伝導性が高いとなお好ましい。具体的には、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様なものを挙げることができる。特に、ポリフッ化ビニリデンが好ましい。

30 【0161】前記接着性を有する高分子は、正極、負極、セパレータの空隙内において微細な孔を有する多孔質構造をとることが好ましい。多孔質構造を有する接着性を有する高分子は、非水電解液を保持することができる。

40 【0162】前記電池に含まれる接着性を有する高分子の総量は、前述した第1の非水電解液二次電池で説明したのと同様な理由により、電池容量100mAh当たり0.1～6mgにすることが好ましい。接着性を有する高分子の総量のより好ましい範囲は、電池容量100mAh当たり0.2～1mgである。

【0163】6) 外装材

この外装材には、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる第1の外装材か、厚さが0.3mm以下の第2の外装材が用いられる。前記第1の外装材及び前記第2の外装材は、前述した第1の非水電解液二次電池で説明した通りである。

50 【0164】前記フィルム製外装材を用いる場合、前記電極群がその表面の少なくとも一部に形成された接着層により前記外装材の内面に接着されていることが望まし

い。このような構成にすると、前記電極群の表面に前記外装材を固定することができるため、電解液が電極群と外装材の間に浸透するのを抑えることができる。

【0165】この非水電解液二次電池の一例である薄型リチウムイオン二次電池を図5～図7を参照して詳細に説明する。

【0166】図5は、本発明に係わる第2の非水電解液二次電池の一例である薄型リチウムイオン二次電池を示す断面図、図6は図5のB部を示す拡大断面図、図7は図5の二次電池における正極層、セパレータ及び負極層の境界付近を示す模式図である。

【0167】図5に示すように、例えばフィルムからなる外装材21は、電極群22を包囲している。前記電極群22は、正極、セパレータおよび負極からなる積層物が扁平形状に捲回された構造を有する。前記積層物は、図6に示すように、(図の下側から)セパレータ23、正極層24と正極集電体25と正極層24を備えた正極32、セパレータ23、負極層26と負極集電体27と負極層26を備えた負極33、セパレータ23、正極層24と正極集電体25と正極層24を備えた正極32、セパレータ23、負極層26と負極集電体27を備えた負極33がこの順番に積層されたものからなる。前記電極群22は、最外層に前記負極集電体27が位置している。前記電極群22の表面は、接着部28が存在している。前記外装材21の内面は、前記接着部28に接着されている。図7に示すように、正極層24、セパレータ23及び負極層26の空隙には、接着性を有する高分子29がそれぞれ保持されている。正極32及びセパレータ23は、正極層24及びセパレータ23の内部及びこれらの境界に点在する接着性を有する高分子29により接着されている。一方、負極33及びセパレータ23は、負極層26及びセパレータ23の内部及びこれらの境界に点在する接着性を有する高分子29により接着されている。非水電解液は、前記外装材21内の前記電極群22に含浸されている。帯状の正極リード30は、一端が前記電極群22の前記正極集電体25に接続され、かつ他端が前記外装材21から延出されている。一方、帯状の負極リード31は、一端が前記電極群22の前記負極集電体27に接続され、かつ他端が前記外装材21から延出されている。

【0168】なお、前述した図5においては、電極群22の表面全体に接着部28を形成したが、電極群22の一部に接着部28を形成しても良い。電極群22の一部に接着部28を形成する場合、少なくとも電極群の最外周に相当する面に形成することが好ましい。また、接着部28はなくても良い。

【0169】この前述した(a)の条件を満足する電極群を備える非水電解液二次電池は、例えば、前述した第1の非水電解液二次電池において説明した製造方法

(1)、すなわち、正極及び負極の間にセパレータとし

て多孔質シートを介在させて電極群を作製する工程と、溶媒に接着性を有する高分子を溶解させることにより得られた溶液を前記電極群に含浸させる工程と、前記電極群に真空乾燥を施す工程と、前記電極群に非水電解液を含浸させた後、前記電極群を前記外装材内に密封することにより薄型非水電解液二次電池を組み立てる工程と、前記二次電池に30℃～80℃の温度条件下で、0.05C以上、0.5C以下の充電レートで初充電を施す工程とを具備する方法により製造される。ただし、本発明に係る非水電解液二次電池の製造方法は本発明の範囲にあるものであれば上記の形態に限定されるものではない。

【0170】次いで、前述した(b)を満足する電極群と、前述した40～95体積%のγ-ブチロラクトンを含む非水溶媒を含有した非水電解液を備える非水電解液二次電池について説明する。

【0171】この二次電池においては、前記正極、前記負極及び前記セパレータが、前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化されている。

【0172】前記セパレータとしては、前述した第2の非水電解液二次電池における(3)セパレータの欄で説明したのと同様なものが用いられる。また、前記電極群を収納する外装材としては、前述した第2の非水電解液二次電池における(6)外装材の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0173】前記正極は、活物質、結着剤及び導電剤を含む正極活物質層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。前記活物質、結着剤、導電剤及び集電体としては、前述した第2の非水電解液二次電池における(1)正極の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0174】前記正極活物質層の厚さは、前述したのと同様な理由により、10～100μmの範囲にする。なお、正極集電体の両面に正極活物質層が担持されている場合、正極活物質層の合計厚さは20～200μmの範囲となる。正極活物質層の下限値は30μmにすることが好ましく、更に好ましい範囲は50μmである。一方、正極活物質層の上限値は85μmにすることが好ましく、更に好ましい範囲は60μmである。正極活物質層の厚さは、前述した第2の非水電解液二次電池において説明したのと同様な理由により、10～60μmの範囲にすることが好ましい。更に好ましい範囲は、30～50μmである。

【0175】前記正極活物質層の空隙率は、前記負極活物質層の空隙率に比べて低い。前記正極活物質層の空隙率は、前述したのと同様な理由により、25～40%の範囲にすることが好ましい。空隙率のより好ましい範囲は、30～35%である。

【0176】前記負極は、リチウムイオンを吸蔵・放出

する炭素質物及び結着剤を含む負極活物質層が集電体の片面もしくは両面に担持された構造を有する。前記炭素質物、結着剤及び集電体としては、前述した第2の非水電解液二次電池における(2)負極の欄で説明したのと同様なものが用いられる。

【0177】前記負極活物質層の厚さは、前述したのと同様な理由により、10～100 μ mの範囲にすることが好ましい。なお、負極集電体の両面に負極活物質層が担持されている場合、負極活物質層の合計厚さを20～200 μ mの範囲にすることが望ましい。負極活物質層の下限値は30 μ mにすることが好ましく、更に好ましい範囲は50 μ mである。一方、負極活物質層の上限値は85 μ mにすることが好ましく、更に好ましい範囲は60 μ mである。負極活物質層の厚さは、前述した第2の非水電解液二次電池において説明したのと同様な理由により、10～60 μ mの範囲にすることが好ましい。更に好ましい範囲は、30～50 μ mである。

【0178】前記負極活物質層の空隙率は、前述したのと同様な理由により、35～50%の範囲にすることが好ましい。空隙率のより好ましい範囲は、35～45%である。

【0179】前記炭素質物及び前記結着剤の配合割合は、炭素質物90～98重量%、結着剤2～20重量%の範囲であることが好ましい。特に、前記炭素質物は負極を作製した状態で片面で10～70g/cm²の範囲にすることが好ましい。

【0180】前記負極活物質層の密度は、1.20～1.50g/cm³の範囲にすることが好ましい。

【0181】この二次電池は、例えば、前述した第1の非水電解液二次電池において説明した製造方法(II)、すなわち、正極と負極の間にセパレータを介在して電極群を作成する工程と、前記電極群を40～120℃に加熱しながら成形する工程と、前記電極群に非水電解液を含浸させた後、前記電極群を外装材に密封することにより非水電解液二次電池を組み立てる工程と、前記二次電池に30℃～80℃の温度条件下で、0.05C以上、0.5C以下の充電レートで初充電を施す工程とを具備する方法により製造される。

【0182】なお、本発明に係る第2の非水電解液二次電池においては、外装材としてアルミニウムなどからなる缶を用い、正極、負極及びセパレータからなる電極群を捲回し缶に挿入した構造であってもよい。その場合、接着部あるいは接着性を有する高分子はなくても良い。

【0183】以上詳述したように本発明に係る非水電解液二次電池は、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備する。また、前記非水

溶媒は、 γ -ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有する。

【0184】非水電解液二次電池においては、厚さを3～4mm程度と薄くすることが要望されている。薄型化のために電極群の厚さを薄くするのは、電池容量が低下するため、好ましくない。電池容量を犠牲にせずに厚さを薄くするには、外装材の厚さを薄くする必要がある。しかしながら、外装材の厚さを0.3mm以下にすると、高温貯蔵時に発生するガスにより外装材が変形する。このため、厚さが0.3mm以下の外装材を使用することは困難で、電池の薄型化には電池容量の犠牲が伴っていた。

【0185】 γ -ブチロラクトンは化学的安定性にすぐれているため、非水溶媒中に γ -ブチロラクトンを特定量含有させることによって、高温条件下で貯蔵を行った際に正極活物質と非水電解液が反応して非水電解液が酸化分解するのを抑制することができる。その結果、ガス発生量を少なくすることができるため、厚さが0.3mm以下と薄い外装材が膨れるのを抑えることができる。従って、実用的な大電流放電特性及び充放電サイクル特性を維持し、かつ電池容量をほとんど犠牲にすることなく、薄型化を図ることができるため、大電流放電特性に優れ、長寿命で、かつ重量エネルギー密度及び体積エネルギー密度が高い薄型の非水電解液二次電池を実現することができる。

【0186】前記二次電池に初充電を行う際、充電温度を30～80℃にし、かつ充電レートを0.05～0.5Cにすることによって、負極と γ -ブチロラクトンとが反応して非水電解液が還元分解するのを抑制することができるため、負極の界面インピーダンスを低くすることができ、かつ金属リチウムの析出を抑えることができる。従って、前記二次電池の大電流放電特性及び充放電サイクル特性を向上することができる。

【0187】本発明に係る二次電池において、非水電解液のリチウム塩の濃度を0.5mol/l以上にすることによって、非水電解液のイオン伝導率を向上することができるため、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上することができる。

【0188】本発明に係る二次電池において、負極としてリチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むものを用いる際、前記非水溶媒がエチレンカーボネートを更に含有することによって、負極の表面に保護膜を形成することができるため、負極と γ -ブチロラクトンとの反応を更に抑制することができ、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上することができる。この非水溶媒に、ビニレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、トリフロロプロピレン及び芳香族化合物から選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒を更に含有させることによって、負極表面を保護膜で緻密に覆うことができるため、

負極とγ-ブチロラクトンとの反応を大幅に低減することができ、大電流放電特性及びサイクル寿命をより一層向上させることができる。

【0189】本発明に係る二次電池において、電池容量(Ah)と1kHzの電池内部インピーダンス(mΩ)の積を10mΩ・Ah以上、110mΩ・Ah以下にすることによって、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上させることができる。

【0190】本発明に係る二次電池において、前記セパレータが空気透過率が600秒/100cm³以下である多孔質シートを含むことによって、前述したγ-ブチロラクトンを特定量含有した非水電解液をセパレータに均一に含浸させることができる。その結果、セパレータのイオン伝導度を向上させることができるため、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上させることができる。

【0191】ところで、本発明に係る二次電池に含まれる厚さが0.3mm以下の外装材は、充放電反応に伴う電極群の膨張・収縮に追従して変形しやすく、電極群を挟持する力が弱い。このため、充放電サイクルが進行すると、正極とセパレータの接触面積及び負極とセパレータの接触面積が減少する恐れがある。前記正極及び前記セパレータをこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化すると共に、前記負極及び前記セパレータをこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化することによって、充放電サイクルが進行しても正極とセパレータ並びに負極とセパレータを接着させておくことができる。その結果、内部インピーダンスの上昇を抑えることができるため、サイクル寿命をより向上させることができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減することができる。

【0192】本発明に係る二次電池において、前記正極及び前記セパレータをこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化させると共に、前記負極及び前記セパレータをこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化させることによって、内部抵抗を低く保ったまま、正極とセパレータの接着強度並びに負極とセパレータの接着強度を向上させることができる。その結果、内部インピーダンスの上昇を抑えることができるため、サイクル寿命をより向上させることができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減させることができる。

【0193】本発明に係る二次電池において、前記正極、前記負極及び前記セパレータを前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化させることによって、内部抵抗を低く保ったまま、正極とセパレータの接触面積並びに負極とセパレータの接触面積を向上させることができ、かつその接触面積を充放電サイクルを繰り返しても維持することができる。その結

果、内部インピーダンスの上昇を抑えることができるため、サイクル寿命をより向上させることができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減させることができる。

【0194】また、本発明に係る非水電解液二次電池の製造方法は、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、正極及び負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；を具備する非水電解液二次電池の製造方法であって、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の55体積%以上95体積%以下含有しており、かつ30℃以上80℃以下の温度で0.05C以上0.5C以下の充電レートで初充電を行う工程を具備する。

【0195】本発明の非水電解液二次電池の製造方法によれば、前記非水電解液を電極内やセパレータに良く浸透させることができるため、二次電池のインピーダンスを小さくすることができ、活物質の利用率高くすることができ、実質的な電池容量を向上させることができる。

【0196】また、本発明に係る非水電解液二次電池は、正極と、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材；を具備する。また、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の50体積%より多く、95体積%以下含有する。

【0197】このような二次電池によれば、ガス発生量を少なくすることができるため、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材が膨れるのを抑えることができる。その結果、軽量な外装材の使用が可能になり、そのうえ実用的な大電流放電特性及び充放電サイクル特性を維持することができるため、大電流放電特性に優れ、長寿命で、かつ重量エネルギー密度が高い非水電解液二次電池を実現することができる。

【0198】本発明に係る非水電解液二次電池は、正極集電体、及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体、及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含む負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納される厚さが0.3mm以下の外装材；を具備する。前記正極活物質層の空隙率は、前記負極活物質層の空隙率に比べて低い。また、前記正極活物質層の厚さは10~100μmである。さら

に、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有する。

【0199】非水電解液二次電池では、負極の非水電解液の分布に偏りがあると、負極において電流集中が生じ、リチウムデンドライドが析出しやすくなる。これを回避するために、負極では空隙率を高くし、非水電解液の浸透性を向上させている。一方、正極においてはこのような問題が生じないばかりか、空隙率を負極と同様にすると、正極活物質層密度が低下し、高い容量が得られなくなる。このようなことから、正極活物質の空隙率は、負極活物質層に比べて低くすることが行われている。

【0200】ところで、γ-ブチロラクトンを含む非水電解液は、正極や負極のような電極に均一に浸透し難い傾向がある。この非水電解液を前述した空隙率の低い正極に含浸させようとすると、表面しか浸透させることができないため、サイクル寿命が著しく低下する。

【0201】本願発明のように、空隙率の低い正極活物質層の厚さを10~100μmにすることによって、正極活物質層の電解液浸透性を改善することができる。その結果、γ-ブチロラクトンを含む非水電解液を正極活物質層及び負極活物質層の双方に均一に浸透させることができるため、γ-ブチロラクトンの特長である優れた耐酸化性を十分に生かすことができ、40体積%以上、95体積%以下のγ-ブチロラクトンを含む非水溶媒を含有する非水電解液により、高温条件下で貯蔵を行った際のガス発生を抑制し、厚さが0.3mm以下と薄い外装材が膨れるのを抑えることができる。従って、実用的な大電流放電特性及び充放電サイクル特性を維持し、かつ電池容量をほとんど犠牲にすることなく薄型化を図ることができるため、大電流放電特性に優れ、長寿命で、かつ重量エネルギー密度及び体積エネルギー密度が高い薄型の非水電解液二次電池を実現することができる。

【0202】前記二次電池に初充電を行う際、充電温度を30~80℃にし、かつ充電レートを0.05~0.5Cにすることによって、負極とγ-ブチロラクトンとが反応して非水電解液が還元分解するのを抑制することができるため、負極の界面インピーダンスを低くすることができ、かつ金属リチウムの析出を抑えることができる。従って、前記二次電池の大電流放電特性及び充放電サイクル特性を向上することができる。

【0203】本発明に係る二次電池において、負極活物質層の厚さを10~100μmにすることによって、負極活物質層の電解液浸透性を向上することができるため、高温貯蔵時のガス発生量をさらに少なくすることができ、かつ大電流放電特性及び充放電サイクル特性をより向上することができる。

【0204】本発明に係る二次電池において、非水電解液のリチウム塩の濃度を0.5mol/l以上にするこ

ができるため、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上することができる。

【0205】本発明に係る二次電池において、負極としてリチウムイオンを吸蔵放出する炭素質物を含むものを用いる際、前記非水溶媒がエチレンカーボネートを更に含有することによって、負極の表面に保護膜を形成することができるため、負極とγ-ブチロラクトンとの反応を更に抑制することができ、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上することができる。この非水溶媒に、ビニレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、トリフロロプロピレン及び芳香族化合物から選ばれる少なくとも1種類からなる第3溶媒を更に含有させることによって、負極表面を保護膜で緻密に覆うことができるため、負極とγ-ブチロラクトンとの反応を大幅に低減することができ、大電流放電特性及びサイクル寿命をより一層向上することができる。

【0206】本発明に係る二次電池において、前記セパレータが空気透過率が600秒/100cm³以下である多孔質シートを含むことによって、前述したγ-ブチロラクトンを特定量含有した非水電解液をセパレータに均一に含浸させることができる。その結果、セパレータのイオン伝導度を向上することができるため、大電流放電特性及びサイクル寿命をより向上させることができる。

【0207】本発明に係る二次電池において、前記正極及び前記セパレータをこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化すると共に、前記負極及び前記セパレータをこれらの境界の少なくとも一部に存在する接着性を有する高分子により一体化することによって、充放電サイクルの進行に伴う内部インピーダンスの上昇を抑えることができるため、サイクル寿命をより向上することができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減することができる。

【0208】本発明に係る二次電池において、前記正極及び前記セパレータをこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化させると共に、前記負極及び前記セパレータをこれらの内部及び境界に点在する接着性を有する高分子により一体化させることによって、充放電サイクル初期の内部インピーダンスを低くすることができ、その値を充放電サイクルが進行しても維持することができるため、サイクル寿命をより向上することができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減することができる。

【0209】本発明に係る二次電池において、前記正極、前記負極及び前記セパレータを前記正極及び前記負極に含まれる結着剤を熱硬化させることにより一体化させることによって、充放電サイクル初期の内部インピーダンスを低くすることができ、その値を充放電サイクルが進行しても維持することができるため、サイクル寿命

をより向上することができる。同時に、高温時のガス発生をより一層低減することができる。

【0210】また、本発明に係る非水電解液二次電池は、正極集電体、及び前記正極集電体の片面もしくは両面に担持される正極活物質層を含む正極と、負極集電体、及び前記負極集電体の片面もしくは両面に担持され、リチウムイオンを吸蔵・放出する材料を含有する負極活物質層を含む負極と、前記正極及び前記負極の間に配置されるセパレータとを備える電極群；前記電極群に含浸され、非水溶媒と、前記非水溶媒に溶解されるリチウム塩とを含む非水電解液；前記電極群が収納され、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材；を具備する。前記正極活物質層の空隙率は、前記負極活物質層の空隙率に比べて低い。前記正極活物質層の厚さは10～100μmである。さらに、前記非水溶媒は、γ-ブチロラクトンを非水溶媒全体の40体積%以上95体積%以下含有する。

【0211】このような二次電池によれば、ガス発生量を少なくすることができるため、樹脂層を含む厚さが0.5mm以下のシートからなる外装材が膨れるのを抑えることができる。その結果、軽量な外装材の使用が可能になり、そのうえ実用的な大電流放電特性及び充放電サイクル特性を維持することができるため、大電流放電特性に優れ、長寿命で、かつ重量エネルギー密度が高い非水電解液二次電池を実現することができる。

【0212】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例を詳細に説明する。

【0213】（実施例1）

<正極の作製>まず、リチウムコバルト酸化物（ Li_xCoO_2 ；但し、 x は $0 \leq x \leq 1$ である）粉末91重量%をアセチレンブラック3.5重量%、グラファイト3.5重量%及びエチレンプロピレンジエンモノマ粉末2重量%とトルエンを加えて共に混合し、10cm²当たり10個の割合で直径0.5mmの孔が存在する多孔質アルミニウム箔（厚さが15μm）からなる集電体の両面に塗布した後、プレスすることにより電極密度が3g/cm³で、正極層が集電体の両面に担持された構造の正極を作製した。

【0214】<負極の作製>炭素質材料として3000℃で熱処理したメソフェーズピッチ系炭素繊維（繊維径が8μm、平均繊維長が20μm、平均面間隔

（ d_{002} ）が0.3360nm）の粉末を93重量%と、結着剤としてポリフッ化ビニリデン（PVdF）7重量%とを混合し、これを10cm²当たり10個の割合で直径0.5mmの孔が存在する多孔質銅箔（厚さが15μm）からなる集電体に塗布し、乾燥し、プレスすることにより電極密度が1.3g/cm³で、負極層が集電体に担持された構造の負極を作製した。

【0215】<セパレータ>厚さが25μm、120

℃、1時間での熱収縮が20%で、多孔度が50%のポリエチレン製多孔質フィルムからなるセパレータを用いた。

【0216】<非水電解液の調製>四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）をエチレンカーボネート（EC）とγ-ブチロラクトン（BL）の混合溶媒（混合体積比率25：75）に1.5モル/1溶解して非水電解液を調製した。

【0217】<電極群の作製>前記正極の集電体に帯状の正極リードを溶接し、前記負極の集電体に帯状の負極リードを溶接した後、前記正極及び前記負極をその間に前記セパレータを介して渦巻き状に捲回した後、扁平状に成形し、電極群を作製した。

【0218】アルミニウム箔の両面をポリプロピレンで覆った厚さ100μmのラミネートフィルムを袋状に成形し、これに前記電極群を前述した図3に示す積層面が袋の開口部から見えるように収納した。接着性を有する高分子であるポリフッ化ビニリデン（PVdF）を有機溶媒であるジメチルフォルムアミド（沸点が153℃）に0.3重量%溶解させた。得られた溶液を前記ラミネートフィルム内の電極群に電池容量100mAh当たりの量が0.2mlとなるように注入し、前記溶液を前記電極群の内部に浸透させると共に、前記電極群の表面全体に付着させた。

【0219】次いで、前記ラミネートフィルム内の電極群に80℃で真空乾燥を12時間施すことにより前記有機溶媒を蒸発させ、正極、負極及びセパレータの空隙に接着性を有する高分子を保持させると共に、前記電極群の表面に多孔質な接着部を形成した。PVdFの総量は、電池容量100mAh当たり0.6mgであった。

【0220】前記ラミネートフィルム内の電極群に前記非水電解液を電池容量1Ah当たりの量が4.7gとなるように注入し、前述した図1、2に示す構造を有し、厚さが3mm、幅が40mm、高さが70mmの薄型非水電解液二次電池を組み立てた。

【0221】この非水電解液二次電池に対し、初充電工程として以下の処置を施した。まず、40℃の高温環境下に5h放置した後、その環境下で0.2C（120mA）で4.2Vまで定電流・定電圧充電を10時間行った。その後0.2Cで2.7Vまで放電し、さらに2サイクル目も1サイクル目と同様な条件で充電を行い非水電解液二次電池を製造した。

【0222】得られた非水溶媒二次電池の容量及び1kHzの内部インピーダンスを測定した。また大電流放電特性を調べるために室温（20℃）での2C放電時の容量維持率を測定した。また、充放電サイクル特性を調べるために0.5Cレートでの4.2V定電流・定電圧の3時間充電と1Cレートの2.7V放電のサイクルを繰り返す300サイクル後の容量維持率を測定した。また、4.2V充電後85℃で120時間の高温貯蔵後

の膨れを測定した。以上の実施例 1 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 1 に示す。

【0223】（実施例 2～実施例 7）電解液の溶媒の組成を表 1 に示す如く変えた以外は実施例 1 と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。各実施例の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 1 に示す。

【0224】（実施例 8）実施例 8 は外装材として厚さが 0.2 mm のアルミニウム缶を使用し、接着性を有する高分子を添加せず、外寸を厚さ 3.2 mm、幅 40 mm、高さ 70 mm とした以外は実施例 1 の薄型非水電解液二次電池と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。実施例 8 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 1 に示す。

【0225】（実施例 9～実施例 11）実施例 1 と初充電時の温度を表 1 に示す如く変えた以外は実施例 1 と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。各実施例の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池の特性を表 1 に示す。

【0226】（実施例 12、13）電解液の溶媒の組成を表 1 に示す如く変えた以外は実施例 1 と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。各実施例の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 1 に示す。

【0227】（比較例 1）非水電解液として 100% BL に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 1 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0228】（比較例 2）非水電解液に BL と EC と ME の混合溶媒（体積比率 50:25:25）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外、実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 2 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0229】（比較例 3）非水電解液に BL と EC（体積比率 50:50）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用い、初充電時の温度と充電レートを変えた以外は実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 3 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0230】（比較例 4）非水電解液に BL と MEC（体積比率 25:75）に 1 モル/l の LiPF_6 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 4 の電池の

電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0231】（比較例 5）非水電解液に BL と EC（体積比率 25:75）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 5 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0232】（比較例 6）非水電解液に BL と EC（体積比率 50:50）に 0.8 モル/l の LiPF_6 を溶解したものをを用い、初充電時の温度を 25℃とした以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 6 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0233】（比較例 7）非水電解液に BL と EC（体積比率 50:50）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用い、初充電時の温度を 25℃とした以外実施例 8 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 7 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0234】（比較例 8）非水電解液に BL と EC（体積比率 99:1）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用い、初充電時の温度を 25℃とした以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 8 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0235】（比較例 9）非水電解液に BL と EC と DE（体積比率 50:25:25）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 9 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0236】（比較例 10）非水電解液に BL と EC と MEC（体積比率 50:25:25）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 10 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0237】（比較例 11）非水電解液として BL と PC と EC（体積比率 50:25:25）に 1.5 モル/l の LiBF_4 を溶解したものをを用いる以外実施例 1 と同様な薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。比較例 11 の電池の電解液組成、初充電条件、及び電池特性を表 2 に示す。

【0238】

【表 1】

	電解液組成		初充電条件 (温度/ 充電レート)	容量 (Ah)	内部 インピーダンス ($m\cdot\Omega$)	容量と内部インピー ダンスの積 ($m\cdot\Omega\cdot Ah$)	2 C 放電時 容量維持率 (%)	300 サイクル後 容量維持率 (%)	85°C 貯蔵後 膨れ (%)
	溶媒	電解質/ 濃度							
実施例 1	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	80	48	85	90	3
実施例 2	90%BL 10%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.62	75	46.5	90	90	2
実施例 3	95%BL 5%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.63	70	44.1	90	85	1
実施例 4	60%BL 40%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.57	90	51.3	70	80	5
実施例 5	75%BL 15%EC 10%DEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.65	65	42.25	90	93	8
実施例 6	75%BL 15%EC 10%MEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.65	65	42.25	90	94	8
実施例 7	75%BL 25%EC	LiPF ₆ / 0.8mol/l	40°C/0.2 C	0.80	80	48	80	80	5
実施例 8	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	85	51	85	90	0.5
実施例 9	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	30°C/0.2 C	0.50	100	50	60	80	3
実施例 10	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	60°C/0.2 C	0.62	75	46.5	85	85	3
実施例 11	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	80°C/0.2 C	0.45	100	45	50	70	2
実施例 12	55%BL 45%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.57	90	51.3	65	82	5
実施例 13	65%BL 35%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	85	51	83	90	3

	電解液組成		初充電条件 (温度/ 充電レート)	容量 (Ah)	内部 インピーダンス ($m\cdot\Omega$)	容量と内部インピー ダンスの積 ($m\cdot\Omega\cdot Ah$)	2C放電時 容量維持率 (%)	300 サイクル後 容量維持率 (%)	85℃ 貯蔵後 膨れ (%)
	溶媒	電解質/ 濃度							
比較例 1	100%BL	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.4	300	120	10	10	1
比較例 2	50%BL	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.4	150	60	30	50	5
	25%EC 25%MEC								
比較例 3	50%BL	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25℃/1C	0.4	300	120	40	20	3
比較例 4	25%EC	LiPF ₆ / 1mol/l	40℃/0.2C	0.6	80	48	20	85	50
	75%MEC								
比較例 5	25%BL 75%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.3	500	150	10	20	20
比較例 6	50%BL 50%EC	LiPF ₆ / 0.8mol/l	25℃/0.2C	0.3	400	120	30	20	100
比較例 7	50%BL 50%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25℃/0.2C	0.3	400	120	20	50	10
比較例 8	99%BL 1%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25℃/0.2C	0.3	400	120	30	10	10
比較例 9	50%BL 25%EC 25%DEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.4	150	60	50	60	100
比較例 10	50%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.4	150	60	60	60	100
比較例 11	50%BL 25%EC 25%PC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40℃/0.2C	0.25	300	75	40	20	5

【0240】表1、表2から明らかなように、厚さが0.3mm以下の外装材と、50体積%より多く、95体積%以下のBLを含む非水溶媒を含有する非水電解液を備えた実施例1～13の二次電池は、高温貯蔵時に外装材が膨れるのを抑制することができ、2Cでの放電容量及び300サイクル後の容量維持率を向上できることがわかる。

【0241】これに対し、比較例1～3、11の二次電池は、高温貯蔵時の外装材の膨れを抑制できるものの、2Cでの放電容量及び300サイクル後の容量維持率が実施例1～13に比べて劣ることがわかる。また、比較例4～10の二次電池は、高温貯蔵時の外装材の膨れが

実施例1～13に比べて大きいことがわかる。なお、比較例1の二次電池に含まれる非水電解液は、前述した特開平11-97062号公報に開示された非水電解液に相当するものである。また、比較例11の二次電池に含まれる非水電解液は、前述した特開平4-14769号公報に開示された非水電解液に相当するものである。

【0242】(実施例14) 外装材として厚さが0.35mmのアルミニウム缶を用い、電池寸法が実施例1と同様(厚さが3mm、幅が40mm、高さが70mm)になるように電極群の厚さを薄くすること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。得られた二次電池は、容量が0.4Ahであつ

た。

【0243】（実施例15）非水電解液として、24体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び1体積%のビニレンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0244】（実施例16）非水電解液として、23体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び2体積%のビニレンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0245】（実施例17）非水電解液として、24.5体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び0.5体積%のビニ *

*レンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0246】（実施例18）非水電解液として、25体積%のエチレンカーボネート（EC）、74体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び1体積%のトルエンからなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0247】得られた実施例15～18の二次電池について、前述した実施例1で説明したのと同様にして容量、内部インピーダンス、2C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表3に示す。

【0248】

【表3】

	第3溶媒の種類	第3溶媒比率 (vol%)	容量 (Ah)	内部インピーダンス (mΩ)	容量と内部インピーダンスの積 (mΩ・Ah)	2C放電容量維持率 (%)	300サイクル後維持率 (%)	85℃貯蔵後膨れ (%)
実施例15	VC	1	0.62	75	46.5	90	94	4
実施例16	VC	2	0.62	75	46.5	90	95	4.5
実施例17	VC	0.5	0.61	78	47.58	88	92	3
実施例18	トルエン	1	0.62	75	46.5	85	88	3

【0249】表3から明らかなように、50体積%より多く、95体積%以下のBL、EC及びVCを含む非水電解液を備えた実施例15～17の二次電池と、50体積%より多く、95体積%以下のBL、EC及び芳香族化合物を含む非水電解液を備えた実施例18の二次電池は、実施例1の二次電池に比べて、300サイクル後の容量維持率が高いことがわかる。

【0250】（実施例19）セパレータとして、厚さが25μmで、120℃、1時間での熱収縮が20%で、空気透過率が90sec/100cm³で、かつ多孔度が50%のポリエチレン製多孔質フィルムを用いること以外は、前述した実施例1と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0251】（実施例20）セパレータの多孔質フィルムの空気透過率を580sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例19と同様にして薄型非水電

30 解液二次電池を製造した。

【0252】（実施例21）セパレータの多孔質シートの空気透過率を400sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例19と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0253】（実施例22）セパレータの多孔質シートの空気透過率を150sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例19と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

40 【0254】得られた実施例19～22の二次電池について、前述した実施例1で説明したのと同様にして容量、内部インピーダンス、2C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表4に示す。

【0255】

【表4】

	セパレータ 空気透過率 (sec/100cm ²)	容量 (Ah)	内部 インピー ダンス (mΩ)	容量と内部 インピーダ ンスの積 (mΩ・Ah)	2C 放電容量 維持率 (%)	300サイ クル後 維持率 (%)	85℃ 貯蔵後 膨れ (%)
実施例 19	90	0.61	70	42	90	95	3
実施例 20	580	0.55	120	60	50	70	3
実施例 21	400	0.56	100	55	60	75	3
実施例 22	150	0.58	90	52.2	86	83	3

【0256】（実施例23）接着性を有する高分子を添加しないこと以外は、前述した実施例1で説明したのと同様にして電極群を作製した。得られた電極群を外装材である厚さが0.20mmのアルミニウム缶に収納した。次いで、80℃の高温真空雰囲気において前記外装材に電極群の厚さ方向に沿って10kg/cm²の圧力でプレスを施すことにより、正極、負極及びセパレータを前記正極及び負極に含まれる結着剤を熱硬化させて一体化した。

【0257】24.5体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び0.5体積%のビニレンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（LiBF₄）を1.5mol/l溶解させ、非水電解液を調製した。前記アルミニウム缶内の電極群に前記非水電解液を電池容量1Ah当たりの量が4.7gと同様となるように注入し、封口することにより厚さが3.2mm、幅が40mm、高さが70mmの薄型非水電解液二次電池を組み立てた。

【0258】（実施例24）接着性を有する高分子を添加しないこと以外は、前述した実施例1で説明したのと同様にして電極群を作製した。得られた電極群を外装材 *

*である厚さが0.20mmのアルミニウム缶に収納した。次いで、80℃の高温真空雰囲気において前記外装材に電極群の厚さ方向に沿って10kg/cm²の圧力でプレスを施すことにより、正極、負極及びセパレータを前記正極及び負極に含まれる結着剤を熱硬化させて一体化した。

【0259】23体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び20体積%のビニレンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（LiBF₄）を1.5mol/l溶解させ、非水電解液を調製した。前記アルミニウム缶内の電極群に前記非水電解液を電池容量1Ah当たりの量が4.7gと同様となるように注入し、厚さが3.2mm、幅が40mm、高さが70mmの薄型非水電解液二次電池を組み立てた。

【0260】得られた実施例23～24の二次電池について、前述した実施例1で説明したのと同様にして容量、内部インピーダンス、2C放電時の容量維持率、3000サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表5に示す。

【0261】

【表5】

	容量 (Ah)	内部インピー ダンス (mΩ)	容量と内部イン ピーダンスの積 (mΩ・Ah)	2C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 23	0.61	78	47.58	88	92	0.5
実施例 24	0.62	75	46.5	90	95	0.7

【0262】表5から明らかなように、実施例23～24の二次電池は、高容量で、2C放電時及び3000サイクル後の容量維持率が高く、かつ85℃で貯蔵した際の膨れを抑制できることがわかる。

【0263】（実施例25）外装材として、アルミ箔の両面をポリプロピレンで覆った厚さ500μmのラミネートフィルムを用い、電池寸法を厚さが4mm、幅が100mm、高さが280mmにすること以外は、前述した実施例1と同様にして非水電解液二次電池を製造した。

【0264】得られた実施例25の二次電池について、前述した実施例1で説明したのと同様にして容量、2C放電時の容量維持率、3000サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定した。その結果、実施例25の二次電池は、容量が6Ahで、2C放電時容量維持率が85%で、3000サイクル後の容量維持率が90%で、85℃貯蔵後の膨れが3%であった。従って、50体積%より多く、95体積%以下のBLを含む非水溶媒を用いると、電気自動車のような大型の電池の外装材として厚さが0.5mmのラミネートフィルムを使用で

きることを確認できた。

【0265】（実施例26）

<正極の作製>まず、リチウムコバルト酸化物 (Li_xCoO_2 ; 但し、 x は $0 \leq x \leq 1$ である) 粉末 91 重量% をアセチレンブラック 2.5 重量%、グラファイト 3 重量% 及びポリフッ化ビニリデン (PVdF) 4 重量% と N-メチルピロリドン (NMP) 溶液を加えて共に混合し、厚さが $10 \mu\text{m}$ のアルミニウム箔からなる集電体の両面に塗布した後、乾燥し、プレスすることにより、集電体の各面に密度が 3.3 g/cm^3 で、空隙率が 34% で、厚さが $48 \mu\text{m}$ の正極活物質層が担持された構造の正極を作製した。

【0266】<負極の作製>炭素質材料として 3000°C で熱処理したメソフェーズピッチ系炭素繊維 (繊維径が $8 \mu\text{m}$ 、平均繊維長が $20 \mu\text{m}$ 、平均面間隔

(d_{002}) が 0.3360 nm) の粉末を 93 重量% と、結着剤としてポリフッ化ビニリデン (PVdF) 7 重量% と、N-メチルピロリドン溶液を混合し、これを厚さが $10 \mu\text{m}$ の銅箔からなる集電体の両面に塗布し、乾燥し、プレスすることにより、集電体の各面に密度が 1.3 g/cm^3 で、空隙率が 41% で、厚さが $45 \mu\text{m}$ の負極活物質層が担持された構造の負極を作製した。

【0267】<セパレータ>厚さが $20 \mu\text{m}$ 、多孔度が 50% のポリエチレン製多孔質フィルムからなるセパレータを用意した。

【0268】<電極群の作製>前記正極及び前記負極をその間に前記セパレータを介して渦巻き状に捲回した後、偏平状に成形し、厚さが 2.5 mm、幅が 30 mm、高さが 50 mm の偏平型電極群を作製した。

【0269】<非水電解液の調製>四フッ化ホウ酸リチウム (LiBF_4) をエチレンカーボネート (EC) と γ -ブチロラクトン (BL) の混合溶媒 (混合体積比率 25:75) に 1.5 モル/l 溶解して非水電解液を調製した。

【0270】次いで、アルミ箔の両面をポリプロピレンで覆った厚さ $100 \mu\text{m}$ のラミネートフィルムを袋状に成形し、これに前記電極群を収納し、厚さが 2.7 mm になるように両面をホルダで挟んだ。接着性を有する高分子であるポリフッ化ビニリデン (PVdF) を有機溶媒であるジメチルフォルムアミド (沸点が 153°C) に 0.3 重量% 溶解させた。得られた溶液を前記ラミネー

トフィルム内の電極群に電池容量 100 mAh 当たりの量が 0.6 ml となるように注入し、前記溶液を前記電極群の内部に浸透させると共に、前記電極群の表面全体に付着させた。

【0271】次いで、前記ラミネートフィルム内の電極群に 80°C で真空乾燥を 12 時間施すことにより前記有機溶媒を蒸発させ、正極、負極及びセパレータの空隙に接着性を有する高分子を保持させると共に、前記電極群の表面に多孔質な接着部を形成した。

【0272】前記ラミネートフィルム内の電極群に前記非水電解液を電池容量 1 Ah 当たりの量が 2 g となるように注入し、厚さが 3 mm、幅が 32 mm、高さが 55 mm の薄型非水電解液二次電池を組み立てた。

【0273】この非水電解液二次電池に対し、初充電工程として以下の処置を施した。まず、 40°C の高温環境下に 5 h 放置した後、その環境下で 0.2 C (120 mA) で 4.2 V まで定電流・定電圧充電を 10 時間行った。その後 0.2 C で 2.7 V まで放電し、さらに 2 サイクル目も 1 サイクル目と同様な条件で充電を行い非水電解液二次電池を製造した。

【0274】得られた非水溶媒二次電池の室温 (20°C) での大電流放電特性を調べるために 3 C 放電時の容量維持率を測定した。この際、0.2 C での放電容量を基準容量とした。また、充放電サイクル特性を調べるために 0.7 C レートでの 4.2 V 定電流・定電圧の 3 時間充電と 1 C レートの 2.7 V 放電のサイクルを繰り返し、300 サイクル後の容量維持率を測定した。また、4.2 V 充電後 85°C で 120 時間の高温度貯蔵後の膨れを測定した。以上の実施例 26 の電池の初期容量、活物質層厚さ、電解液の溶媒の γ -ブチロラクトンの含有比率、及び電池特性を表 6 に示す。

【0275】（実施例 27～37、A、B 及び比較例 12～13）正極活物質層と負極活物質層の片面の厚さ、及び電解液の溶媒の γ -ブチロラクトンの含有比率を表 6 に示す如く変えた以外は実施例 26 と同様にして薄型非水電解液二次電池を得て電池評価を行った。各電池の初期容量、活物質層厚さ、電解液の溶媒の γ -ブチロラクトンの含有比率、及び電池特性を表 6 に併記する。

【0276】

【表 6】

	容量 (Ah)	正極活物質層 片面厚さ (μm)	負極活物質層 片面厚さ (μm)	BL含有比率 (体積%)	3C放電時 容量維持率 (%)	300サイクル 容量維持率 (%)	85°C貯蔵 膨れ (%)
実施例 26	0.32	48	45	75	96	90	3
実施例 27	0.35	60	56	75	92	80	3
実施例 28	0.30	39	36	75	98	93	3
実施例 29	0.25	24	23	75	99	94	3
実施例 30	0.12	10	9.5	75	98	88	2
実施例 31	0.30	48	45	60	90	80	4
実施例 32	0.31	48	45	70	95	82	3
実施例 33	0.33	48	45	90	87	92	2
実施例 34	0.31	48	45	95	98	80	1
実施例 35	0.28	48	45	40	80	80	6
実施例 36	0.36	60	65	75	90	82	3
実施例 37	0.38	80	80	75	80	75	3
実施例 A	0.35	87	90	75	50	50	3
実施例 B	0.05	8	8	75	80	85	2
比較例 12	0.30	105	108	30	20	30	6
比較例 13	0.10	8	8	30	40	60	6

【0277】表6から明らかなように、正極活物質層の厚さが10～100 μm である正極と、厚さが0.3mm以下の外装材と、40～95体積%のBLを含む非水溶媒を含有する非水電解液を備えた実施例26～37、A、Bの二次電池は、高温貯蔵時に外装材が膨れるのを抑制することができ、初期容量、3Cでの放電容量及び300サイクル後の容量維持率を向上できることがわかる。

【0278】これに対し、比較例12の二次電池は、3Cでの放電容量及び300サイクル後の容量維持率が実施例26～37、A、Bに比べて劣ることがわかる。また、比較例13の二次電池は、3Cでの放電容量が実施例26～37、A、Bに比べて劣ることがわかる。

【0279】(実施例38) 非水電解液として、24.9体積%のエチレンカーボネート(EC)、75体積%の γ -ブチロラクトン(BL)及び0.1体積%のビニレンカーボネート(VC)からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF_4)を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例26と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0280】(実施例39) 非水電解液として、24体積%のエチレンカーボネート(EC)、75体積%の γ -ブチロラクトン(BL)及び1体積%のビニレンカーボネート(VC)からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リ

チウム(LiBF_4)を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例26と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0281】(実施例40) 非水電解液として、20体積%のエチレンカーボネート(EC)、75体積%の γ -ブチロラクトン(BL)及び5体積%のビニレンカーボネート(VC)からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF_4)を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例26と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0282】(実施例41) 非水電解液として、25体積%のエチレンカーボネート(EC)、74体積%の γ -ブチロラクトン(BL)及び1体積%のトルエンからなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF_4)を1.5モル/l溶解したものを用いること以外は、前述した実施例26と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0283】得られた実施例38～41の二次電池について、前述した実施例26で説明したのと同様にして容量、3C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85°Cで貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表7に示す。

【0284】

【表7】

	第3溶媒 の種類	第3溶媒 比率 (vol%)	容量 (Ah)	3C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 38	VC	0.1	0.32	96	92	3
実施例 39	VC	1	0.33	96	96	4
実施例 40	VC	5	0.30	92	93	6
実施例 41	トルエン	1	0.32	88	90	3

【0285】表7から明らかなように、40～95体積%のBL、EC及びVCを含む非水電解液を備えた実施例38～40の二次電池と、40～95体積%のBL、EC及び芳香族化合物を含む非水電解液を備えた実施例41の二次電池は、実施例26の二次電池に比べて、300サイクル後の容量維持率が高いことがわかる。

【0286】(実施例42) セパレータとして、厚さが25 μ mで、120℃、1時間での熱収縮が20%で、空気透過率が90sec/100cm³で、かつ多孔度が50%のポリエチレン製多孔質フィルムを用いること以外は、前述した実施例26と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0287】(実施例43) セパレータの多孔質フィルムの空気透過率を580sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例42と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

* 【0288】(実施例44) セパレータの多孔質シートの空気透過率を400sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例42と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0289】(実施例45) セパレータの多孔質シートの空気透過率を150sec/100cm³にすること以外は、前述した実施例42と同様にして薄型非水電解液二次電池を製造した。

【0290】得られた実施例42～45の二次電池について、前述した実施例26で説明したのと同様にして容量、3C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表8に示す。

【0291】

【表8】

	セパレータ 空気透過率 (sec/100cm ³)	容量 (Ah)	3C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 42	90	0.31	97.5	95	3
実施例 43	580	0.25	80	70	2.8
実施例 44	400	0.26	85	75	2.8
実施例 45	150	0.28	95	88	3

【0292】(実施例46) 接着性を有する高分子を添加しないこと以外は、前述した実施例26で説明したのと同様にして電極群を作製した。得られた電極群を外装材である厚さが0.18mmのアルミニウム缶に収納した。次いで、80℃の高温真空雰囲気において前記外装材に電極群の厚さ方向に沿って10kg/cm²の圧力でプレスを施すことにより、正極、負極及びセパレータを前記正極及び負極に含まれる結着剤を熱硬化させて一体化した。

【0293】24.5体積%のエチレンカーボネート(EC)、75体積%の γ -ブチロラクトン(BL)及び0.5体積%のビニレンカーボネート(VC)からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF₄)を1.5モル/l溶解させ、非水電解液を調製した。前記

アルミニウム缶内の電極群に前記非水電解液を電池容量1Ah当たりの量が4.7gと同様となるように注入し、封口することにより厚さが3mm、幅が32mm、高さが55mmの薄型非水電解液二次電池を組み立てた。

【0294】(実施例47) 接着性を有する高分子を添加しないこと以外は、前述した実施例26で説明したのと同様にして電極群を作製した。得られた電極群を外装材である厚さが0.25mmのアルミニウム缶に収納した。次いで、80℃の高温真空雰囲気において前記外装材に電極群の厚さ方向に沿って10kg/cm²の圧力でプレスを施すことにより、正極、負極及びセパレータを前記正極及び負極に含まれる結着剤を熱硬化させて一体化した。

【0295】24体積%のエチレンカーボネート（EC）、75体積%のγ-ブチロラクトン（BL）及び2体積%のビニレンカーボネート（VC）からなる非水溶媒に四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）を1.5モル/l溶解させ、非水電解液を調製した。前記アルミニウム缶内の電極群に前記非水電解液を電池容量1Ah当たりの量が4.7gと同様となるように注入し、厚さが3mm、幅が32mm、高さが55mmの薄型非水電解

液二次電池を組み立てた。

【0296】得られた実施例46～47の二次電池について、前述した実施例26で説明したのと同様にして容量、3C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定し、その結果を下記表9に示す。

【0297】

【表9】

	容量 (Ah)	3C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 46	0.32	96	95	0.5
実施例 47	0.33	96	97	0.6

【0298】表9から明らかなように、実施例46～47の二次電池は、高容量で、3C放電時及び300サイクル後の容量維持率が高く、かつ85℃で貯蔵した際の膨れを抑制できることがわかる。

【0299】（実施例48）外装材として、アルミ箔の両面をポリプロピレンで覆った厚さ500μmのラミネートフィルムを用い、電池寸法を厚さが4mm、幅が80mm、高さが220mmにすること以外は、前述した実施例26と同様にして非水電解液二次電池を製造した。

【0300】得られた実施例48の二次電池について、前述した実施例26で説明したのと同様にして容量、3C放電時の容量維持率、300サイクル後の容量維持率及び85℃で貯蔵後の膨れを測定した。その結果、実施例48の二次電池は、容量が3.2Ahで、3C放電時容量維持率が96%で、300サイクル後の容量維持率が90%で、85℃貯蔵後の膨れが3%であった。従って、正極活物質層の厚さを10～100μmにし、かつ40～95体積%のBLを含む非水溶媒を用いると、電気自動車のような大型の電池の外装材として厚さが0.5mmのラミネートフィルムを使用できることを確認できた。

【0301】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、高温で貯蔵した際の外装材の変形が抑制され、重量エネルギー密度、体積エネルギー密度、大電流放電特性及び充放電サイクル特性が向上された非水電解液二次電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明に係わる第1の非水電解液二次電池の一例を示す断面図。

【図2】図1のA部を示す拡大断面図。

【図3】図1の二次電池における正極、セパレータ及び負極の境界付近を示す模式図。

【図4】本発明に係わる第2の非水電解液二次電池における正極活物質層の厚さを説明するための断面図。

【図5】本発明に係わる第2の非水電解液二次電池の一例を示す断面図。

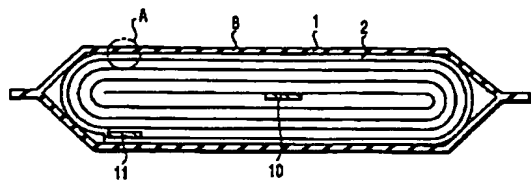
【図6】図5のB部を示す拡大断面図。

【図7】図5の二次電池における正極、セパレータ及び負極の境界付近を示す模式図。

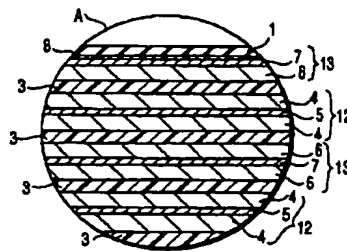
【符号の説明】

- 1…外装材、
- 2…電極群、
- 3…セパレータ、
- 4…正極層、
- 5…正極集電体、
- 6…負極層、
- 7…負極集電体、
- 8…接着層、
- 9…接着性を有する高分子、
- 12…正極、
- 13…負極、
- 21…外装材、
- 22…電極群、
- 23…セパレータ、
- 24…正極層、
- 25…正極集電体、
- 26…負極層、
- 27…負極集電体、
- 28…接着層、
- 29…接着性を有する高分子、
- 32…正極、
- 33…負極。

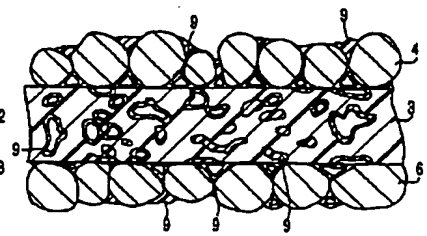
【図1】



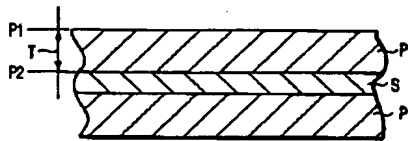
【図2】



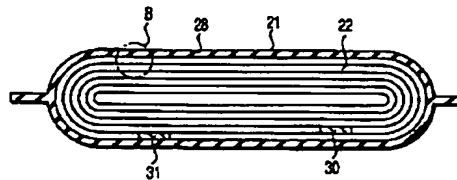
【図3】



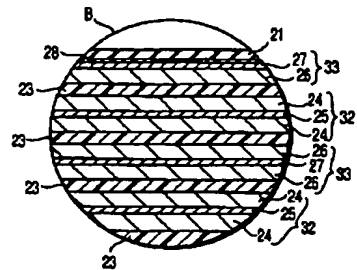
【図4】



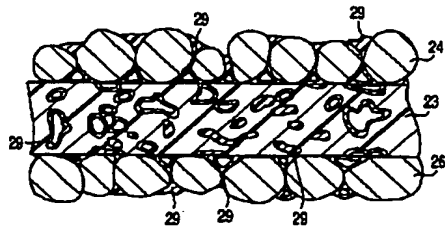
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 大崎 隆久
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内
(72)発明者 神田 基
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

Fターム(参考) 5H014 AA04 EE08 HH01 HH06
5H021 EE01 HH00 HH09
5H029 AJ02 AJ03 AJ05 AK03 AL06
AL07 AM03 AM04 HJ00 HJ04
HJ07

internal impedance becomes large. Since the binder contained in a positive electrode and a negative electrode by fabricating above 40 degrees C in the aforementioned electrode group can be made to heat-harden, the degree of hardness of an electrode group can be raised. Consequently, since the springback after fabrication can be suppressed, the touch area is maintainable [the touch area of a positive electrode and separator and the touch area of a negative electrode and separator can be improved, and], even if it repeats a charge-and-discharge cycle. On the other hand, when the temperature of the aforementioned electrode group exceeds 120 degrees C, there is a possibility that separator may carry out a thermal contraction sharply. More desirable temperature is 60-100 degrees C.

[0113] Fabrication while heating to the specific temperature mentioned above can be performed for example, under an ordinary pressure, reduced pressure, or a vacuum. If it carries out under reduced pressure or a vacuum, since the moisture removal efficiency from an electrode group will improve, it is desirable.

[0114] When press forming performs the aforementioned fabrication, as for press **, it is desirable to make kg [0.01-20 / /] into the range of 2 cm. This is based on the following reasons. When press ** is made lower [kg / 0.01 / / cm] than 2, there is a possibility that it may become difficult to suppress the springback after fabrication. On the other hand, since there is a possibility that the voidage in an electrode group may fall when press ** is higher than 20 kg/cm², there is a possibility that the amounts of nonaqueous electrolyte maintenance of an electrode group may run short.

[0115] (The 4th process) After pouring nonaqueous electrolyte into the electrode group in the aforementioned sheathing material, the nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above by closing opening of the aforementioned sheathing material is assembled.

[0116] In the manufacture method mentioned above, although fabricated heating an electrode group to specific temperature after containing the electrode group to the sheathing material, you may perform hot forming mentioned above before containing to a sheathing material. In this case, an electrode group is first produced according to the 1st process mentioned above. It fabricates heating the aforementioned electrode group at 40-120 degrees C. Subsequently, after containing the aforementioned electrode group to a sheathing material, nonaqueous electrolyte is poured in and the nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above by performing obturation etc. can be assembled. At this time, a metal can can be used instead of a film as a sheathing material.

[0117] (The 5th process) An initial charge is performed to the assembled rechargeable battery at the charge rate below 0.5C more than 0.05C under 30 degrees C - 80 degrees C temperature conditions like the above. Charge on this condition is good only 1 cycle, and may be performed more than a two cycle. Moreover, you may keep it under a 30 degrees C - 80 degrees C temperature condition before initial charge for 1 hour to about 20 hours.

[0118] Specifying the temperature of the aforementioned initial charge and the charge rate of an initial charge in the aforementioned range is based on the reason same with having mentioned above.

[0119] Since nonaqueous electrolyte can be uniformly infiltrated into an electrode or the opening of separator by providing such a process, internal impedance which is 1kHz of a nonaqueous electrolyte rechargeable battery can be made small, and the product of cell capacity and 1kHz internal impedance can be made into the range below ohm [110m] and Ah more than 10m ohm-Ah. Consequently, since the utilization factor of an active material can be increased, capacity of a substantial cell can be enlarged. Moreover, the charge-and-discharge cycle property and high current electric discharge property of a cell can be raised.

[0120] In addition, in the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention, you may be the structure which wound the electrode group which consists of a positive electrode, a negative electrode, and separator using the can which consists of aluminum etc. as a sheathing material, and was inserted in the can. In this case, as for the macromolecule which has jointing or an adhesive property, it is good for there to be nothing.

[0121] Subsequently, the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is explained.

[0122] The positive electrode containing the positive-active-material layer with which this rechargeable battery is supported by one side or both sides of a positive-electrode charge collector and the aforementioned positive-electrode charge collector, The negative electrode containing the negative-electrode active material layer which is supported by one side or both sides of a negative-electrode charge collector and the aforementioned negative-electrode charge collector, and contains occlusion and the material to emit for a lithium ion, Nonaqueous electrolyte containing the lithium salt which it sinks into the electrode group; aforementioned electrode group equipped with the separator arranged between the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode, and is dissolved in a non-aqueous solvent and the aforementioned non-aqueous solvent; sheathing-material; by which the aforementioned electrode group is contained is provided.

[0123] It compares with the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, and the voidage of the aforementioned positive-active-material layer is a low. Moreover, the aforementioned positive-active-material layer thickness is 10-100 micrometers. Furthermore, the aforementioned non-aqueous solvent contains gamma-butyrolactone below 95 volume % more than 40 volume % of the whole non-aqueous solvent.

[0124] Although the aforementioned positive electrode, the aforementioned negative electrode, and the aforementioned

separator do not need to be unified, as for this rechargeable battery, it is desirable to be unified on conditions which are explained to the following (a) or (b).

[0125] (a) While the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator are unified by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist in part at least, the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator are unified by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist in part at least. While being unified by the macromolecule which has the adhesive property by which these interior and boundaries are especially dotted with the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator, it is desirable to be unified by the macromolecule which has the adhesive property by which these interior and boundaries are dotted with the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator.

[0126] (b) The aforementioned positive electrode, the aforementioned negative electrode, and the aforementioned separator are unified by making the binder contained in the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode heat-harden.

[0127] By making it this composition of (a) or (b), bulging of a sheathing material can be reduced further.

[0128] Moreover, as for the aforementioned rechargeable battery, it is desirable for the product of cell capacity (Ah) and 1kHz cell internal impedance (ohms) to be below 110m ohm-Ah more than 10m ohm-Ah. By making the product of capacity and an impedance into aforementioned within the limits, a high current electric discharge property and a charge-and-discharge cycle property can be improved more. Here, cell capacity is the service capacity at the time of discharging by nominal capacity or 0.2C. More desirable ranges are below ohm [60m] and Ah more than ohm [20m] and Ah.

[0129] making the product of cell capacity and an impedance below into 110m ohm-Ah more than 10m ohm-Ah -- for example, it is possible by the manufacture method of of the manufacture method of (I) mentioned above, or (II) mentioned above. However, in (I), more than ohm [10m] and Ah, the product of cell capacity and an impedance sets up a distribution and initial-charge conditions of the addition of an adhesive macromolecule, and an adhesive macromolecule so that it may become below 110m ohm-Ah. Moreover, in (II), more than 10m ohm-Ah, the product of cell capacity and an impedance sets up the temperature, press **, and the initial-charge conditions at the time of fabricating an electrode group so that it may become below 110m ohm-Ah.

[0130] A nonaqueous electrolyte rechargeable battery equipped with the electrode group which satisfies hereafter (a) mentioned above is explained.

[0131] 1) **** -- this positive electrode has the structure where the positive-active-material layer containing the macromolecule and binder which have an active material, an electric conduction agent, and an adhesive property was supported by one side or both sides of a charge collector

[0132] The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as the macromolecule which has the aforementioned active material, an electric conduction agent, and an adhesive property, and a binder, and the same thing can be mentioned.

[0133] The aforementioned positive-active-material layer thickness is made into the range of 10-100 micrometers. Here, positive-active-material layer thickness means the distance on the front face of a positive active material which touches separator, the positive-active-material front face which counters, and a charge collector. For example, as shown in drawing 4 , when the positive-active-material layer P is supported by both sides of a charge collector S, the distance on the front face P2 of a positive active material which touches separator, the positive-active-material front face P1 which counters, and a charge collector is positive-active-material layer thickness T. Therefore, when the positive-active-material layer is supported by both sides of a positive-electrode charge collector, the thickness of one side of a positive-active-material layer serves as a range whose sum total thickness of a positive-active-material layer is 20-200 micrometers by 10-100 micrometers. If positive-active-material layer thickness is set to less than 10 micrometers, since the rate of a current collection weight quantitative ratio and the rate of a volume ratio will become high, an energy density falls. The lower limit with desirable thickness is 30 micrometers, and a still more desirable lower limit is 50 micrometers. On the other hand, if positive-active-material layer thickness exceeds 100 micrometers, since nonaqueous electrolyte will concentrate on a positive-electrode front face at the time of a rapid charge-and-discharge cycle and the electrode reaction in the interior of a positive electrode will hardly advance, a cycle life falls. The upper limit with desirable thickness is 85 micrometers, and a still more desirable upper limit is 60 micrometers. As for especially positive-active-material layer thickness, it is desirable to make it the range of 10-60 micrometers. A high current electric discharge property and a cycle life improve sharply that it is this within the limits. Furthermore, the desirable range is 30-50 micrometers.

[0134] The aforementioned positive-active-material layer thickness is measured by the method explained below. First, mutually, it separates 1cm or more, and ten points are chosen arbitrarily, the thickness of each point is measured, and the thickness of a positive electrode is measured by [existing] computing the average. However, when the positive

electrode which it is going to measure has the structure where the positive-active-material layer was supported by both sides of a charge collector, after removing one of the two's positive-active-material layer, the thickness of a positive electrode is measured. Subsequently, a positive-active-material layer is removed from a charge collector, and the thickness of a charge collector is measured. Ten points are chosen arbitrarily, the thickness of each point is measured, and the thickness of a charge collector is called for by [which separate 1cm or more and exists mutually] computing the average. Let the difference of the thickness of the aforementioned positive electrode, and the thickness of the aforementioned charge collector be the positive-active-material layer thickness for which it asks.

[0135] It compares with the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, and the voidage of the aforementioned positive-active-material layer is a low. As for the voidage of the aforementioned positive-active-material layer, it is desirable to make it 25 - 40% of range. This is based on the following reasons. When voidage is made less than 25%, even if it has regulated positive-active-material layer thickness, there is a possibility that it may become difficult to make nonaqueous electrolyte permeate uniformly. On the other hand, when voidage exceeds 40%, there is a possibility that it may become impossible to obtain high capacity, i.e., high-energy density. The more desirable range of voidage is 30 - 35%.

[0136] As the aforementioned charge collector, the conductive substrate of porous structure or a nonporous conductive substrate can be used. These conductivity substrate can be formed from aluminum, stainless steel, or nickel. As for the thickness of a charge collector, it is desirable to make it the range of 5-20 micrometers. It is because positive-electrode intensity and lightweight-izing can be balanced as it is this within the limits.

[0137] 2) **** -- this negative electrode has the structure where the negative-electrode active material layer containing the macromolecule and binder which have occlusion, the carbonaceous object to emit, and an adhesive property for a lithium ion was supported by one side or both sides of a charge collector

[0138] The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above as occlusion, the carbonaceous object to emit, an electric conduction agent, the macromolecule which has an adhesive property, a binder, and a charge collector having explained the aforementioned lithium ion, and the same thing can be mentioned.

[0139] As for the thickness of the aforementioned negative-electrode active material layer, it is desirable to make it the range of 10-100 micrometers. Here, the thickness of a negative-electrode active material layer means distance with the negative-electrode active material front face which touches separator, the negative-electrode active material front face which counters, and a charge collector. In addition, when the negative-electrode active material layer is supported by both sides of a negative-electrode charge collector, it is desirable to set thickness of one side of a negative-electrode active material layer to 10-100 micrometers, and to make sum total thickness of a negative-electrode active material layer into the range of 20-200 micrometers. If thickness of a negative-electrode active material layer is set to less than 10 micrometers, since the rate of a current collection weight quantitative ratio and the rate of a volume ratio will become high, there is a possibility that it may become difficult to fully raise an energy density. The lower limit with desirable thickness is 30 micrometers, and a still more desirable lower limit is 50 micrometers. On the other hand, if the thickness of a negative-electrode active material layer exceeds 100 micrometers, since it will become easy to concentrate nonaqueous electrolyte on a negative-electrode front face, there is a possibility that it may become difficult to fully improve a cycle life. The upper limit with desirable thickness is 85 micrometers, and a still more desirable upper limit is 60 micrometers. As for especially the thickness of a negative-electrode active material layer, it is desirable to make it the range of 10-60 micrometers. A high current electric discharge property and a cycle life improve sharply that it is this within the limits. Furthermore, the desirable range is 30-50 micrometers.

[0140] The thickness of the aforementioned negative-electrode active material layer is measured by the method explained below. First, mutually, it separates 1cm or more, and ten points are chosen arbitrarily, the thickness of each point is measured, and the thickness of a negative electrode is measured by [existing] computing the average. However, when the negative electrode which it is going to measure has the structure where the negative-electrode active material layer was supported by both sides of a charge collector, after removing one of the two's negative-electrode active material layer, the thickness of a negative electrode is measured. Subsequently, a negative-electrode active material layer is removed from a charge collector, and the thickness of a charge collector is measured. Ten points are chosen arbitrarily, the thickness of each point is measured, and the thickness of a charge collector is called for by [which separate 1cm or more and exists mutually] computing the average. Let the difference of the thickness of the aforementioned negative electrode, and the thickness of the aforementioned charge collector be the thickness of the negative-electrode active material layer for which it asks.

[0141] As for the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, it is desirable to make it 35 - 50% of range. This is based on the following reasons. Since there is a possibility that the distribution of nonaqueous electrolyte may become uneven when voidage is made less than 35%, the lithium DIN drama id may deposit. On the other hand, when voidage exceeds 50%, there is a possibility that it may become impossible to obtain high capacity, i.e., high-energy density. The more desirable range of voidage is 35 - 45%.

[0142] As for the blending ratio of coal of the aforementioned carbonaceous object and the aforementioned binder, it is desirable that they are 90 - 98 % of the weight of carbonaceous objects and the range of 2 - 20 % of the weight of binders. Especially the aforementioned carbonaceous object is 10 - 70 g/cm² at one side, where a negative electrode is produced. It is desirable to make it the range.

[0143] The density of the aforementioned negative-electrode active material layer is 1.20 - 1.50 g/cm³. It is desirable to make it the range.

[0144] As the aforementioned charge collector, the conductive substrate of porous structure or a nonporous conductive substrate can be used. These conductivity substrate can be formed from copper, stainless steel, or nickel. As for the thickness of a charge collector, it is desirable to make it the range of 5-20 micrometers. It is because negative-electrode intensity and lightweight-izing can be balanced as it is this within the limits.

[0145] although the aforementioned negative-electrode active material layer contains occlusion and the carbon matter to emit for the lithium ion mentioned above -- instead of -- metals, such as aluminum, magnesium, tin, and a silicon, a metallic oxide, and metallic sulfide -- or the metallic compounds chosen from a metal nitride and a lithium alloy may be included

[0146] The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as the aforementioned metallic oxide, the aforementioned metallic sulfide, the aforementioned metal nitride, and the aforementioned lithium alloy and the same thing can be mentioned.

[0147] 3) The separator of separator ** is formed from a porosity sheet.

[0148] The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as the aforementioned porosity sheet and the same thing can be mentioned.

[0149] 4) The nonaqueous electrolyte aforementioned nonaqueous electrolyte is what dissolved lithium salt in the mixed non-aqueous solvent containing gamma-butyrolactone (BL), and the composition ratio of BL is below 95 volume % more than 40 volume % of the mixed whole non-aqueous solvent. It is desirable to make [most] the composition ratio of BL in the aforementioned mixed non-aqueous solvent. Even if it has regulated positive-active-material layer thickness as a ratio is under 40 volume %, it becomes easy to generate gas at the time of an elevated temperature. Moreover, since the ratio of annular carbonate becomes high relatively when a mixed non-aqueous solvent is a thing containing BL and annular carbonate, solvent viscosity becomes remarkably high. Consequently, since the conductivity and permeability of nonaqueous electrolyte fall sharply, even if it regulates positive-active-material layer thickness, a charge-and-discharge cycle property, a high current electric discharge property, and the electric discharge property under low-temperature -20-degree-C neighboring environment fall. On the other hand, if a ratio exceeds 95 volume %, since the reaction of a negative electrode and BL will arise, a charge-and-discharge cycle property falls. That is, if a negative electrode (for example, thing containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion), and BL react and reduction decomposition of nonaqueous electrolyte arises, the coat which checks a charge-and-discharge reaction on the surface of a negative electrode will be formed. Consequently, since it becomes easy to produce current concentration in a negative electrode, a lithium metal deposits, or the impedance of a negative-electrode interface becomes high, the charge-and-discharge efficiency of a negative electrode falls to a negative-electrode front face, and the fall of a charge-and-discharge cycle property is caused. The more desirable range is below 90 volume % more than 60 volume %. While being able to make higher the effect which suppresses the generation of gas at the time of elevated-temperature storage by making it this range, the service capacity under low-temperature -20-degree-C neighboring environment can be improved more. Furthermore, the desirable range is below 90 volume % more than 75 volume %.

[0150] As a solvent mixed with BL, it is desirable at the point that annular carbonate raises the charge-and-discharge efficiency of a negative electrode.

[0151] As the aforementioned annular carbonate, (propylene carbonate PC) (ethylene carbonate EC) (vinylene carbonate VC) trifluoromethyl carbonate (TFPC) etc. is desirable. If EC is used as a solvent especially mixed with BL, a charge-and-discharge cycle property and a high current electric discharge property can be improved sharply. Moreover, it is desirable at the point which raises a charge-and-discharge cycle property as it is the mixed solvent of the 3rd solvent and EC which are chosen from the group which consists of PC, VC, TFPC, diethyl carbonate (DEC), methylethyl carbonate (MEC), and an aromatic compound as other solvents mixed with BL, and which consist of a kind at least.

[0152] A hypoviscosity solvent may also be included below 20 volume % from a viewpoint in which solvent viscosity is furthermore reduced. As a hypoviscosity solvent, for example, chain-like carbonate, the chain-like ether, cyclic ether, etc. are mentioned.

[0153] More desirable composition of the non-aqueous solvent concerning this invention is BL, EC, and PC and VC. [BL, PC, BL and EC, DEC, BL and EC MEC, BL and EC, MEC, VC and BL, EC, VC and BL, PC and VC, or] [BL, EC,] As for the rate of a volume ratio of EC, at this time, it is desirable to consider as five to 40 volume %. This is

based on the following reasons. Since there is a possibility that it may become difficult to wear a negative-electrode front face precisely by the protective coat when the ratio of EC is made under into 5 volume %, the reaction of a negative electrode and BL may arise and it may become difficult to fully improve a charge-and-discharge cycle property. On the other hand, since there is a possibility that the viscosity of nonaqueous electrolyte may become high and ionic conductivity may fall when the ratio of EC exceeds 40 volume %, it may become difficult to fully improve a charge-and-discharge cycle property, a high current electric discharge property, and a low-temperature electric discharge property. The still more desirable range of the ratio of EC is ten to 35 volume %. Moreover, the solvent which consists of at least one kind chosen from DEC, MEC, PC, and VC forms a precise protective coat on the surface of a negative electrode, and makes the operation which reduces the interface impedance of a negative electrode. Especially the addition of this solvent is not limited and is set as an amount which this operation produces. However, when the ratio of at least one kind of solvent chosen from DEC, MEC, PC, and VC in a non-aqueous solvent exceeds 10 volume %, there is a possibility that fully suppressing may become difficult about nonaqueous electrolyte carrying out oxidative degradation under hot environments, or the viscosity of nonaqueous electrolyte may become high, and ion conductivity may fall. For this reason, as for the rate of a volume ratio of at least one kind of solvent chosen from DEC, MEC, PC, and VC in a non-aqueous solvent, it is desirable to carry out to below 10 volume %. Furthermore, the desirable rate of a volume ratio is below 2 volume %. Moreover, the lower limit with desirable still more desirable making the lower limit of the rate of a volume ratio into 0.001 volume % is 0.05 volume %.

[0154] The non-aqueous solvent which contains BL, EC, and VC of 40 - 95 volume % especially is desirable. Since the nonaqueous electrolyte rechargeable battery equipped with the nonaqueous electrolyte containing this non-aqueous solvent and the negative electrode containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion can suppress that a metal lithium deposits in a negative electrode while being able to reduce the impedance of the interface of a negative electrode sharply, it can improve the charge-and-discharge efficiency of a negative electrode. Consequently, realizing the outstanding high current electric discharge property and a longevity life, the generation of gas at the time of elevated-temperature storage can be suppressed, and deformation of a sheathing material can be suppressed. Thus, it is guessed that it is what is depended on an operation which is explained below that a negative-electrode property is improved. In the aforementioned rechargeable battery, the protective film by EC is formed in the front face of the aforementioned negative electrode, and it is alike, in addition the thin and precise coat by VC is formed. Consequently, since the reaction of BL and a negative electrode is suppressed further, it is thought that the fall of an impedance and deposit prevention of a metal lithium are attained.

[0155] Moreover, although it has the composition mentioned above as a non-aqueous solvent, you may use the thing containing BL, EC, and the aromatic compound of 40 - 95 volume % instead. As the aforementioned aromatic compound, at least one kind chosen from benzene, toluene, a xylene, a biphenyl, and a terphenyl can be mentioned, for example. EC can adhere on the surface of a negative electrode (for example, thing containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion), can form a protective coat, and can suppress the reaction of a negative electrode and BL. As for the rate of a volume ratio of EC, at this time, it is desirable to consider as five to 40 volume % for the reason same with having mentioned above. Moreover, the still more desirable range of the ratio of EC is ten to 35 volume %. On the other hand, since it is easy to stick on the surface of a negative electrode (for example, thing containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion) to the benzene ring of the aforementioned aromatic compound, it can suppress the reaction of a negative electrode and BL. Therefore, since the nonaqueous electrolyte containing the non-aqueous solvent containing BL, EC, and the aromatic compound of 40 - 95 volume % can fully suppress the reaction of a negative electrode and BL, it can improve the charge-and-discharge cycle property of a rechargeable battery. As for such a non-aqueous solvent, it is desirable that the solvent which consists of at least one kind chosen from DEC, MEC, PC, TFPC, and VC further is included. Since the reaction of a negative electrode and BL can be further suppressed by adding the solvent which consists of at least one kind chosen from DEC, MEC, PC, TFPC, and VC, a charge-and-discharge cycle property can be improved further. Especially, VC is desirable. Especially the addition of the 3rd solvent which consists of at least one kind chosen from an aromatic compound, DEC, MEC and PC, TFPC, and VC is not limited, and is set as an amount which this operation produces. However, when the ratio of the 3rd solvent of the above in a non-aqueous solvent exceeds 10 volume %, there is a possibility that fully suppressing may become difficult about nonaqueous electrolyte carrying out oxidative degradation under hot environments, or the viscosity of nonaqueous electrolyte may become high, and ion conductivity may fall. For this reason, as for the rate of a volume ratio of the 3rd solvent of the above in a non-aqueous solvent, it is desirable to carry out to below 10 volume %. Furthermore, the desirable rate of a volume ratio is below 2 volume %. Moreover, the lower limit with desirable still more desirable making the lower limit of the rate of a volume ratio into 0.001 volume % is 0.05 volume %.

[0156] The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as an electrolyte contained in the aforementioned nonaqueous electrolyte and the same thing can be mentioned. Especially, it is LiPF₆.

Or LiBF₄ Using is desirable.

[0157] As for the amount of dissolutions to the aforementioned non-aqueous solvent of the aforementioned electrolyte, it is desirable to carry out in 0.5-2.0 mols/l.

[0158] In the aforementioned nonaqueous electrolyte, in order [with separator] to be smeared and to improve a sex, you may add surfactants, such as trioctylphosphate, in 0.1 - 1% of range.

[0159] As for the amount of the aforementioned nonaqueous electrolyte, it is desirable to make it per [0.2-0.6g] cell unit capacity 100mAh for the same reason as for the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above to have explained. The more desirable range of the amount of nonaqueous electrolyte is 0.4-0.55g/100mAh.

[0160] 5) As for the macromolecule which has the macromolecule aforementioned adhesive property which has an adhesive property, it is desirable that it is what can maintain a high adhesive property where nonaqueous electrolyte is held. Furthermore, when this macromolecule has high lithium ion conductivity, in addition, it is desirable. The 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having specifically explained and the same thing can be mentioned. Especially, a polyvinylidene fluoride is desirable.

[0161] As for the macromolecule which has the aforementioned adhesive property, it is desirable to take the porous structure which has a detailed hole in a positive electrode, a negative electrode, and the opening of separator. The macromolecule which has the adhesive property which has porous structure can hold nonaqueous electrolyte.

[0162] As for the total amount of a macromolecule which has the adhesive property included in the aforementioned cell, it is desirable to make it 0.1-6mg per cell capacity 100mAh for the same reason as for the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above to have explained. The more desirable range of the total amount of a macromolecule which has an adhesive property is 0.2-1mg per cell capacity 100mAh.

[0163] 6) The 2nd sheathing material 0.3mm or less is used for the sheathing material of ***** for the 1st sheathing material which the thickness containing a resin layer becomes from a sheet 0.5mm or less, and thickness. The 1st sheathing material of the above and the 2nd sheathing material of the above are as the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained.

[0164] When using the aforementioned sheathing material made from a film, it is desirable for the aforementioned electrode group to have pasted the inside of the aforementioned sheathing material by the glue line in which the front face was formed in part at least. If it is made such composition, since the aforementioned sheathing material is fixable to the front face of the aforementioned electrode group, it can stop that the electrolytic solution permeates between an electrode group and a sheathing material.

[0165] The thin shape rechargeable lithium-ion battery which is an example of this nonaqueous electrolyte rechargeable battery is explained in detail with reference to drawing 5 - drawing 7.

[0166] The cross section showing the thin shape rechargeable lithium-ion battery whose drawing 5 is an example of the 2nd [concerning this invention] nonaqueous electrolyte rechargeable battery, the expanded sectional view in which drawing 6 shows the B section of drawing 5, and drawing 7 are the ** type views showing near the boundary of the positive-electrode layer in the rechargeable battery of drawing 5, separator, and a negative-electrode layer.

[0167] As shown in drawing 5, the sheathing material 21 which consists of a film is surrounding the electrode group 22. The aforementioned electrode group 22 has the structure where the laminated material which consists of a positive electrode, separator, and a negative electrode was wound around the flat configuration. As shown in drawing 6, the aforementioned laminated material (from the drawing bottom) Separator 23, the positive-electrode layer 24 and the positive-electrode charge collector 25, the positive electrode 32 equipped with the positive-electrode layer 24, separator 23 and the negative-electrode layer 26, the negative-electrode charge collector 27, the negative electrode 33 equipped with the negative-electrode layer 26, separator 23 and the positive-electrode layer 24, the positive-electrode charge collector 25, and the positive-electrode layer 24 The negative electrode 33 equipped with the positive electrode 32 which it had, separator 23, and the negative-electrode layer 26 and the negative-electrode charge collector 27 carried out the laminating to this turn. As for the aforementioned electrode group 22, the aforementioned negative-electrode charge collector 27 is located in an outermost layer of drum. As for the front face of the aforementioned electrode group 22, jointing 28 exists. The inside of the aforementioned sheathing material 21 is pasted up on the aforementioned jointing 28. As shown in drawing 7, the macromolecule 29 which has an adhesive property is held at the opening of the positive-electrode layer 24, separator 23, and the negative-electrode layer 26, respectively. A positive electrode 32 and separator 23 are pasted up by the macromolecule 29 which has the adhesive property with which the interior and these boundaries of the positive-electrode layer 24 and separator 23 are dotted. On the other hand, a negative electrode 33 and separator 23 are pasted up by the macromolecule 29 which has the adhesive property with which the interior and these boundaries of the negative-electrode layer 26 and separator 23 are dotted. Nonaqueous electrolyte sinks into the aforementioned electrode group 22 in the aforementioned sheathing material 21. The end was connected to the aforementioned positive-electrode charge collector 25 of the aforementioned electrode group 22, and, as for the band-like positive-electrode lead 30, the other end has extended from the aforementioned sheathing material 21. On the other

hand, the end was connected to the aforementioned negative-electrode charge collector 27 of the aforementioned electrode group 22, and, as for the band-like negative-electrode lead 31, the other end has extended from the aforementioned sheathing material 21.

[0168] In addition, in drawing 5 mentioned above, although jointing 28 was formed in the whole front face of the electrode group 22, you may form jointing 28 in a part of electrode group 2. When forming jointing 28 in a part of electrode group 22, it is desirable to form in the field which is equivalent to the outermost periphery of an electrode group at least. Moreover, there may not be jointing 28.

[0169] A nonaqueous electrolyte rechargeable battery equipped with the electrode group which satisfies this condition of (a) mentioned above. For example, the process which a porosity sheet is made to intervene as separator between the manufacture method explained in the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above (I), i.e., a positive electrode, and a negative electrode, and produces an electrode group, The process which infiltrates into the aforementioned electrode group the solution obtained by dissolving the macromolecule which has an adhesive property in a solvent, To the process which performs a vacuum drying to the aforementioned electrode group, the process which assembles a thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery by sealing the aforementioned electrode group in the aforementioned sheathing material after infiltrating nonaqueous electrolyte into the aforementioned electrode group, and the aforementioned rechargeable battery, under 30 degrees C - 80 degrees C temperature conditions. It is manufactured more than 0.05C by the method of providing the process which performs an initial charge at the charge rate below 0.5C. However, if the manufacture method of the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is in the range of this invention, it will not be limited to the above-mentioned gestalt.

[0170] Subsequently, a nonaqueous electrolyte rechargeable battery equipped with the nonaqueous electrolyte containing the non-aqueous solvent containing the electrode group which satisfies (b) mentioned above, and the gamma-butyrolactone of 40 - 95 volume % mentioned above is explained.

[0171] In this rechargeable battery, the aforementioned positive electrode, the aforementioned negative electrode, and the aforementioned separator are unified by making the binder contained in the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode heat-harden.

[0172] The column of (3) separator in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as the aforementioned separator and the same thing are used. Moreover, the column of (6) sheathing materials in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery which was mentioned above and which was mentioned above having explained as a sheathing material which contains the aforementioned electrode group, and the same thing are used.

[0173] The aforementioned positive electrode has the structure where the positive-active-material layer containing an active material, a binder, and an electric conduction agent was supported by one side or both sides of a charge collector. The column of (1) positive electrode in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery which was mentioned above and which was mentioned above having explained as the aforementioned active material, a binder, an electric conduction agent, and a charge collector and the same thing are used.

[0174] The aforementioned positive-active-material layer thickness is made into the range of 10-100 micrometers for the reason same with having mentioned above. In addition, when the positive-active-material layer is supported by both sides of a positive-electrode charge collector, the sum total thickness of a positive-active-material layer serves as the range of 20-200 micrometers. The range with desirable still more desirable setting the lower limit of a positive-active-material layer to 30 micrometers is 50 micrometers. On the other hand, the range with desirable still more desirable setting the upper limit of a positive-active-material layer to 85 micrometers is 60 micrometers. As for positive-active-material layer thickness, it is desirable to make it the range of 10-60 micrometers for the reason same with having explained in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above. Furthermore, the desirable range is 30-50 micrometers.

[0175] It compares with the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, and the voidage of the aforementioned positive-active-material layer is a low. As for the voidage of the aforementioned positive-active-material layer, it is desirable to make it 25 - 40% of range for the reason same with having mentioned above. The more desirable range of voidage is 30 - 35%.

[0176] The aforementioned negative electrode has the structure where the negative-electrode active material layer containing occlusion, the carbonaceous object to emit, and a binder was supported by one side or both sides of a charge collector in the lithium ion. The column of (2) negative electrodes in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above having explained as the aforementioned carbonaceous object, a binder, and a charge collector and the same thing are used.

[0177] As for the thickness of the aforementioned negative-electrode active material layer, it is desirable to make it the range of 10-100 micrometers for the reason same with having mentioned above. In addition, when the negative-electrode active material layer is supported by both sides of a negative-electrode charge collector, it is desirable to

make sum total thickness of a negative-electrode active material layer into the range of 20-200 micrometers. The range with desirable still more desirable setting the lower limit of a negative-electrode active material layer to 30 micrometers is 50 micrometers. On the other hand, the range with desirable still more desirable setting the upper limit of a negative-electrode active material layer to 85 micrometers is 60 micrometers. As for the thickness of a negative-electrode active material layer, it is desirable to make it the range of 10-60 micrometers for the reason same with having explained in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above. Furthermore, the desirable range is 30-50 micrometers.

[0178] As for the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, it is desirable to make it 35 - 50% of range for the reason same with having mentioned above. The more desirable range of voidage is 35 - 45%.

[0179] As for the blending ratio of coal of the aforementioned carbonaceous object and the aforementioned binder, it is desirable that they are 90 - 98 % of the weight of carbonaceous objects and the range of 2 - 20 % of the weight of binders. Especially the aforementioned carbonaceous object is 10 - 70 g/cm² at one side, where a negative electrode is produced. It is desirable to make it the range.

[0180] The density of the aforementioned negative-electrode active material layer is 1.20 - 1.50 g/cm³. It is desirable to make it the range.

[0181] This rechargeable battery For example, the manufacture method explained in the 1st nonaqueous electrolyte rechargeable battery mentioned above (II), i.e., the process which intervenes separator between a positive electrode and a negative electrode, and creates an electrode group, The process fabricated while heating the aforementioned electrode group at 40-120 degrees C, and the process which assembles a nonaqueous electrolyte rechargeable battery by sealing the aforementioned electrode group to a sheathing material after infiltrating nonaqueous electrolyte into the aforementioned electrode group, It is manufactured by the method of providing the process which performs an initial charge at the charge rate below 0.5C more than 0.05C under 30 degrees C - 80 degrees C temperature conditions in the aforementioned rechargeable battery.

[0182] In addition, in the 2nd nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention, you may be the structure which wound the electrode group which consists of a positive electrode, a negative electrode, and separator using the can which consists of aluminum etc. as a sheathing material, and was inserted in the can. In this case, as for the macromolecule which has jointing or an adhesive property, it is good for there to be nothing.

[0183] Nonaqueous electrolyte containing the lithium salt which it sinks into the electrode group; aforementioned electrode group equipped with the separator with which the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is arranged in a positive electrode and a lithium ion between the negative electrode containing occlusion and the material to emit, and the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode as explained in full detail above, and is dissolved in a non-aqueous solvent and the aforementioned non-aqueous solvent; the thickness by which the aforementioned electrode group is contained possesses 0.3mm or less sheathing-material;. Moreover, from 50 volume % of the whole non-aqueous solvent, there are many aforementioned non-aqueous solvents and they contain gamma-butyrolactone below 95 volume %.

[0184] In the nonaqueous electrolyte rechargeable battery, it is requested that thickness is made thin with about 3-4mm. Since cell capacity falls, it is not desirable to make thickness of an electrode group thin for thin-shape-izing. In order to make thickness thin, without sacrificing cell capacity, it is necessary to make thickness of a sheathing material thin. However, if thickness of a sheathing material is set to 0.3mm or less, a sheathing material will deform by the gas which occurs in elevated-temperature *****. For this reason, it was difficult for thickness to use a sheathing material 0.3mm or less, and the sacrifice of cell capacity had followed on thin shape-ization of a cell.

[0185] Since gamma-butyrolactone is excellent in chemical stability, a positive active material and nonaqueous electrolyte can suppress that nonaqueous electrolyte carries out oxidative degradation in response to the time of storing under a high temperature service by carrying out the amount content of specification of the gamma-butyrolactone into a non-aqueous solvent. Consequently, since the amount of generation of gas can be lessened, it can stop that a sheathing material with as thin thickness as 0.3mm or less blisters. Therefore, since thin shape-ization can be attained without maintaining a practical high current electric discharge property and a charge-and-discharge cycle property, and making most cell capacity into a sacrifice, it excels in a high current electric discharge property, and a weight energy density and a volume energy density can realize the nonaqueous electrolyte rechargeable battery of a high thin shape long lasting.

[0186] Since it can suppress that a negative electrode and gamma-butyrolactone react and nonaqueous electrolyte understands a returned part by making charge temperature into 30-80 degrees C, and setting a charge rate to 0.05-0.5C in case an initial charge is performed to the aforementioned rechargeable battery, the interface impedance of a negative electrode can be made low, and a deposit of a metal lithium can be suppressed. Therefore, the high current electric discharge property and charge-and-discharge cycle property of the aforementioned rechargeable battery can be improved.

[0187] In the rechargeable battery concerning this invention, since the ionic conductivity of nonaqueous electrolyte can be improved by making concentration of the lithium salt of nonaqueous electrolyte into 0.5 or more mol/l, a high current electric discharge property and a cycle life can be improved more.

[0188] In the rechargeable battery concerning this invention, since a protective coat can be formed on the surface of a negative electrode when the aforementioned non-aqueous solvent contains ethylene carbonate further in case the thing containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion as a negative electrode is used, the reaction of a negative electrode and gamma-butyrolactone can be suppressed further, and a high current electric discharge property and a cycle life can be improved more. Since a negative-electrode front face can be precisely worn by the protective coat by making the 3rd solvent which consists of at least one kind chosen as this non-aqueous solvent from vinylene carbonate, propylene carbonate, diethyl carbonate, methylethyl carbonate, a truffle ROROPURO pyrene, and an aromatic compound contain further, the reaction of a negative electrode and gamma-butyrolactone can be reduced sharply, and a high current electric discharge property and a cycle life can be improved further.

[0189] In the rechargeable battery concerning this invention, a high current electric discharge property and a cycle life can be raised more by making the product of cell capacity (Ah) and 1kHz cell internal impedance (mohms) below into 110m ohm-Ah more than ohm [10m] and Ah.

[0190] It sets to the rechargeable battery concerning this invention, and, for the aforementioned separator, air permeability is 600 second / 100cm³. By including the porosity sheet which is the following, the nonaqueous electrolyte which carried out the amount content of specification of the gamma-butyrolactone mentioned above can be uniformly infiltrated into separator. Consequently, since the ionic conductivity of separator can be improved, a high current electric discharge property and a cycle life can be raised more.

[0191] By the way, the force which follows at expansion and contraction of the electrode group accompanying [thickness / which is contained in the rechargeable battery concerning this invention] a charge-and-discharge reaction in a sheathing material 0.3mm or less, is easy to transform, and pinches an electrode group is weak. For this reason, when a charge-and-discharge cycle advances, there is a possibility that the touch area of a positive electrode and separator and the touch area of a negative electrode and separator may decrease. While unifying by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator in part at least, even if a charge-and-discharge cycle advances, a positive electrode, separator, and a negative electrode and separator can be pasted up by unifying by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator in part at least. Consequently, since elevation of internal impedance can be suppressed, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0192] In the rechargeable battery concerning this invention, while making it unify by the macromolecule which has the adhesive property with which these interior and boundaries are dotted in the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator, the bond strength of a positive electrode and separator and the bond strength of a negative electrode and separator can be improved, keeping internal resistance low by making it unify by the macromolecule which has the adhesive property with which these interior and boundaries are dotted in the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator. Consequently, since elevation of internal impedance can be suppressed, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0193] In the rechargeable battery concerning this invention, keeping internal resistance low by making it unify by making the binder contained in the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode in the aforementioned positive electrode, the aforementioned negative electrode, and the aforementioned separator heat-harden, the touch area of a positive electrode and separator and the touch area of a negative electrode and separator can be improved, and the touch area can be maintained, even if it repeats a charge-and-discharge cycle. Consequently, since elevation of internal impedance can be suppressed, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0194] Moreover, the manufacture method of the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention It sinks into the aforementioned electrode group. An electrode group equipped with the separator arranged in a positive electrode and a lithium ion between the negative electrode containing occlusion and the material to emit, and a positive electrode and a negative electrode; A non-aqueous solvent, It is the manufacture method of a nonaqueous electrolyte rechargeable battery of providing nonaqueous electrolyte; containing the lithium salt dissolved in the aforementioned non-aqueous solvent. the aforementioned non-aqueous solvent The process which contains gamma-butyrolactone below 95 volume % more than 55 volume % of the whole non-aqueous solvent, and performs an initial charge at the charge rate below 0.5C more than 0.05C with 30-degree-C or more temperature of 80 degrees C or less is provided.

[0195] According to the manufacture method of the nonaqueous electrolyte rechargeable battery of this invention, since

the aforementioned nonaqueous electrolyte can be made to permeate in the inside of an electrode, or separator well, the impedance of a rechargeable battery can be made small, the utilization factor of an active material can be made high, and a substantial cell capacity can be improved.

[0196] Moreover, nonaqueous electrolyte containing the lithium salt which it sinks into the electrode group; aforementioned electrode group equipped with the separator with which the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is arranged in a positive electrode and a lithium ion between the negative electrode containing occlusion and the material to emit, and the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode, and is dissolved in a non-aqueous solvent and the aforementioned non-aqueous solvent; the aforementioned electrode group is contained and sheathing-material; which the thickness containing a resin layer becomes from a sheet 0.5mm or less is provided. Moreover, from 50 volume % of the whole non-aqueous solvent, there are many aforementioned non-aqueous solvents and they contain gamma-butyrolactone below 95 volume %.

[0197] According to such a rechargeable battery, since the amount of generation of gas can be lessened, it can stop that the sheathing material which the thickness containing a resin layer becomes from a sheet 0.5mm or less blisters. Consequently, since use of a lightweight sheathing material is attained and a high current electric discharge property practical moreover and a charge-and-discharge cycle property can be maintained, it excels in a high current electric discharge property, and a nonaqueous electrolyte rechargeable battery with a high weight energy density can be realized long lasting.

[0198] The positive electrode containing the positive-active-material layer with which the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is supported by one side or both sides of a positive-electrode charge collector and the aforementioned positive-electrode charge collector, The negative electrode containing the negative-electrode active material layer which is supported by one side or both sides of a negative-electrode charge collector and the aforementioned negative-electrode charge collector, and contains occlusion and the material to emit for a lithium ion, Nonaqueous electrolyte containing the lithium salt which it sinks into the electrode group; aforementioned electrode group equipped with the separator arranged between the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode, and is dissolved in a non-aqueous solvent and the aforementioned non-aqueous solvent; the thickness by which the aforementioned electrode group is contained possesses 0.3mm or less sheathing-material; It compares with the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, and the voidage of the aforementioned positive-active-material layer is a low. Moreover, the aforementioned positive-active-material layer thickness is 10-100 micrometers. Furthermore, the aforementioned non-aqueous solvent contains gamma-butyrolactone below 95 volume % more than 40 volume % of the whole non-aqueous solvent.

[0199] In a nonaqueous electrolyte rechargeable battery, when a bias is in the distribution of the nonaqueous electrolyte of a negative electrode, current concentration arises in a negative electrode and the lithium DIN drama id becomes easy to deposit. In order to avoid this, in the negative electrode, voidage is made high and the permeability of nonaqueous electrolyte is raised. On the other hand, if about [that such a problem does not arise] and voidage is made to be the same as that of a negative electrode in a positive electrode, positive-active-material bed density will fall and a high capacity will no longer be obtained. Since it is such, making voidage of a positive active material low compared with a negative-electrode active material layer is performed.

[0200] By the way, the nonaqueous electrolyte containing gamma-butyrolactone cannot tend to permeate an electrode like a positive electrode or a negative electrode easily uniformly. If you are going to make it sink into the low positive electrode of the voidage which mentioned this nonaqueous electrolyte above, since only a front face cannot be made to permeate, a cycle life falls remarkably.

[0201] Like the invention in this application, the electrolytic-solution permeability of a positive-active-material layer is improvable by setting low positive-active-material layer thickness of voidage to 10-100 micrometers. Consequently, since the nonaqueous electrolyte containing gamma-butyrolactone can be made to permeate uniformly the both sides of a positive-active-material layer and a negative-electrode active material layer, the outstanding oxidation resistance which is the feature of gamma-butyrolactone can be employed efficiently fully, the generation of gas at the time of storing under a high temperature service can be suppressed by the nonaqueous electrolyte which contains the non-aqueous solvent containing the gamma-butyrolactone below 95 volume % more than 40 volume %, and it can stop that a sheathing material with as thin thickness as 0.3mm or less blisters. Therefore, since thin shape-ization can be attained without maintaining a practical high current electric discharge property and a charge-and-discharge cycle property, and making most cell capacity into a sacrifice, it excels in a high current electric discharge property, and a weight energy density and a volume energy density can realize the nonaqueous electrolyte rechargeable battery of a high thin shape long lasting.

[0202] Since it can suppress that a negative electrode and gamma-butyrolactone react and nonaqueous electrolyte understands a returned part by making charge temperature into 30-80 degrees C, and setting a charge rate to 0.05-0.5C in case an initial charge is performed to the aforementioned rechargeable battery, the interface impedance of a negative

electrode can be made low, and a deposit of a metal lithium can be suppressed. Therefore, the high current electric discharge property and charge-and-discharge cycle property of the aforementioned rechargeable battery can be improved.

[0203] In the rechargeable battery concerning this invention, since the electrolytic-solution permeability of a negative-electrode active material layer can be improved by setting thickness of a negative-electrode active material layer to 10-100 micrometers, the amount of generation of gas of elevated-temperature ***** can be lessened further, and a high current electric discharge property and a charge-and-discharge cycle property can be improved more.

[0204] In the rechargeable battery concerning this invention, since the ionic conductivity of nonaqueous electrolyte can be improved by making concentration of the lithium salt of nonaqueous electrolyte into 0.5 or more mol/l, a high current electric discharge property and a cycle life can be improved more.

[0205] In the rechargeable battery concerning this invention, since a protective coat can be formed on the surface of a negative electrode when the aforementioned non-aqueous solvent contains ethylene carbonate further in case the thing containing the carbonaceous object which carries out occlusion discharge of the lithium ion as a negative electrode is used, the reaction of a negative electrode and gamma-butyrolactone can be suppressed further, and a high current electric discharge property and a cycle life can be improved more. Since a negative-electrode front face can be precisely worn by the protective coat by making the 3rd solvent which consists of at least one kind chosen as this non-aqueous solvent from vinylene carbonate, propylene carbonate, diethyl carbonate, methylethyl carbonate, a truffle ROROPURO pyrene, and an aromatic compound contain further, the reaction of a negative electrode and gamma-butyrolactone can be reduced sharply, and a high current electric discharge property and a cycle life can be improved further.

[0206] It sets to the rechargeable battery concerning this invention, and, for the aforementioned separator, air permeability is 600 second / 100cm³. By including the porosity sheet which is the following, the nonaqueous electrolyte which carried out the amount content of specification of the gamma-butyrolactone mentioned above can be uniformly infiltrated into separator. Consequently, since the ionic conductivity of separator can be improved, a high current electric discharge property and a cycle life can be raised more.

[0207] In the rechargeable battery concerning this invention, since elevation of the internal impedance accompanying advance of a charge-and-discharge cycle can be suppressed by unifying by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator in part at least while unifying by the macromolecule which has the adhesive property in which these boundaries exist the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator in part at least, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0208] While making it unify by the macromolecule which has the adhesive property with which these interior and boundaries are dotted in the aforementioned positive electrode and the aforementioned separator in the rechargeable battery concerning this invention By making it unify by the macromolecule which has the adhesive property with which these interior and boundaries are dotted in the aforementioned negative electrode and the aforementioned separator Internal impedance in early stages of a charge-and-discharge cycle can be made low, and since the value is maintainable even if a charge-and-discharge cycle advances, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0209] In the rechargeable battery concerning this invention, since it is maintainable by making it unify by making the binder contained in the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode in the aforementioned positive electrode, the aforementioned negative electrode, and the aforementioned separator heat-harden even if it can make low internal impedance in early stages of a charge-and-discharge cycle and a charge-and-discharge cycle advances the value, a cycle life can be improved more. Simultaneously, the generation of gas at the time of an elevated temperature can be reduced further.

[0210] Moreover, the positive electrode containing the positive-active-material layer with which the nonaqueous electrolyte rechargeable battery concerning this invention is supported by one side or both sides of a positive-electrode charge collector and the aforementioned positive-electrode charge collector, The negative electrode containing the negative-electrode active material layer which is supported by one side or both sides of a negative-electrode charge collector and the aforementioned negative-electrode charge collector, and contains occlusion and the material to emit for a lithium ion, It sinks into the aforementioned electrode group. An electrode group equipped with the separator arranged between the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode; A non-aqueous solvent, Nonaqueous electrolyte containing the lithium salt dissolved in the aforementioned non-aqueous solvent; the aforementioned electrode group is contained and sheathing-material; which the thickness containing a resin layer becomes from a sheet 0.5mm or less is provided. It compares with the voidage of the aforementioned negative-electrode active material layer, and the voidage of the aforementioned positive-active-material layer is a low. The aforementioned positive-active-material layer thickness is 10-100 micrometers. Furthermore, the aforementioned non-

aqueous solvent contains gamma-butyrolactone below 95 volume % more than 40 volume % of the whole non-aqueous solvent.

[0211] According to such a rechargeable battery, since the amount of generation of gas can be lessened, it can stop that the sheathing material which the thickness containing a resin layer becomes from a sheet 0.5mm or less blisters. Consequently, since use of a lightweight sheathing material is attained and a high current electric discharge property practical moreover and a charge-and-discharge cycle property can be maintained, it excels in a high current electric discharge property, and a nonaqueous electrolyte rechargeable battery with a high weight energy density can be realized long lasting.

[0212]

[Example] Hereafter, the desirable example of this invention is explained in detail.

[0213] (Example 1)

<production of a positive electrode> -- first -- a lithium cobalt oxide (LiCoO_2 ; -- however) X 91 % of the weight of powder which is $0 \leq X \leq 1$ 3.5 % of the weight of acetylene black, Add [both] 3.5 % of the weight of graphite, 2 % of the weight of ethylene propylene diene monomer powder, and toluene, and it mixes. 10cm² Electrode density is 3 g/cm³ by pressing, after applying to both sides of the charge collector which consists of a porosity aluminum foil (thickness is 15 micrometers) with which a hole with a diameter of 0.5mm exists at a rate of ten hits. The positive electrode of the structure where the positive-electrode layer was supported by both sides of a charge collector was produced.

[0214] The powder of a mesophase pitch based carbon fiber (for 8 micrometers and mean fiber length, 20 micrometers and an average spacing (d_{002}) are [the diameter of fiber] 0.3360nm) heat-treated at 3000 degrees C as a <production of negative electrode> carbonaceous material 93 % of the weight, 7 % of the weight (PVdF) of polyvinylidene fluorides is mixed as a binder. It is this 10cm² Electrode density is 1.3 g/cm³ by applying to the charge collector which consists of porosity copper foil (thickness is 15 micrometers) in which a hole with a diameter of 0.5mm exists, and drying and pressing in it at a rate of ten hits. The negative electrode of the structure where the negative-electrode layer was supported by the charge collector was produced.

[0215] <Separator> thickness prepared the separator with which 25 micrometers, 120 degrees C, and a thermal contraction in 1 hour consist of a porosity film made from polyethylene whose porosity is 50% at 20%.

[0216] <Manufacture of nonaqueous electrolyte> ~~4 fluoride lithium borate (LiBF_4)~~ was dissolved in the mixed solvent (mixture product ratio 25:75) of ethylene carbonate (EC) and gamma-butyrolactone (BL) 1.5 mols / l, and nonaqueous electrolyte was prepared.

[0217] After welding the band-like positive-electrode lead to the charge collector of the <production of electrode group> aforementioned positive electrode, welding a band-like negative-electrode lead to the charge collector of the aforementioned negative electrode and winding the aforementioned positive electrode and the aforementioned negative electrode in the shape of a whorl through the aforementioned separator between them, it fabricated in the shape of flat, and the electrode group was produced.

[0218] The laminate film with a thickness of 100 micrometers which was wearing both sides of an aluminum foil with polypropylene was fabricated to the saccate, and it contained so that the laminating side shown in drawing 3 which mentioned the aforementioned electrode group above in this might be in sight from opening in a bag. The polyvinylidene fluoride (PVdF) which is the macromolecule which has an adhesive property was dissolved in the dimethyl formamide (the boiling point is 153 degrees C) which is an organic solvent 0.3% of the weight. While the obtained solution is poured in so that the amount per cell capacity 100mAh may be set to 0.2ml at the electrode group in the aforementioned laminate film, and making the aforementioned solution permeate the interior of the aforementioned electrode group, it was made to adhere to the whole front face of the aforementioned electrode group.

[0219] Subsequently, the aforementioned organic solvent was evaporated by performing a vacuum drying to the electrode group in the aforementioned laminate film at 80 degrees C for 12 hours, and porosity jointing was formed in the front face of the aforementioned electrode group while making the macromolecule which has an adhesive property in a positive electrode, a negative electrode, and the opening of separator hold. The total amount of PVdF was 0.6mg per cell capacity 100mAh.

[0220] It pours into the electrode group in the aforementioned laminate film so that the amount per cell capacity 1Ah may be set to 4.7g in the aforementioned nonaqueous electrolyte, and it has drawing 1 mentioned above and the structure shown in 2, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 40mm and whose height 3mm and width of face are 70mm.

[0221] The following measures were taken as an initial-charge process to this nonaqueous electrolyte rechargeable battery. First, after leaving 5h under 40-degree C hot environments, a constant current and constant-potential charge were performed to 4.2V by 0.2C (120mA) under the environment for 10 hours. It discharged to 2.7V by 0.2C after that, and charged on the conditions as 1 cycle eye also with the still more nearly same two-cycle eye, and the nonaqueous

electrolyte rechargeable battery was manufactured.

[0222] The capacity of a non-aqueous-solvent rechargeable battery and the 1kHz internal impedance which were acquired were measured. Moreover, in order to investigate a high current electric discharge property, the capacity maintenance factor at the time of 2C electric discharge at a room temperature (20 degrees C) was measured. Moreover, in order to investigate a charge-and-discharge cycle property, the cycle of 3-hour charge of the 4.2V constant current and constant voltage in a 0.5C rate and 2.7V electric discharge of 1C rate was repeated, and the capacity maintenance factor after 300 cycles was measured. Moreover, bulging after high temperature storage of 120 hours was measured at 85 degrees C after 4.2V charge. The above the electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of an example 1 are shown in Table 1.

[0223] (An example 2 - example 7) Except having changed, as composition of the solvent of the electrolytic solution was shown in Table 1, the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 1, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of each example are shown in Table 1.

[0224] (Example 8) As a sheathing material, the aluminium can whose thickness is 0.2mm was used, and the example 8 did not add the macromolecule which has an adhesive property, but except having made outside ** into 3.2mm in thickness, width of face of 40mm, and a height of 70mm, it obtained the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as well as the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery of an example 1, and performed cell evaluation. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of an example 8 are shown in Table 1.

[0225] (An example 9 - example 11) Except having changed, as the temperature at the time of an example 1 and initial charge was shown in Table 1, the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 1, and cell evaluation was performed. Electrolytic-solution composition of the cell of each example, initial-charge conditions, and the property of a cell are shown in Table 1.

[0226] (Examples 12 and 13) Except having changed, as composition of the solvent of the electrolytic solution was shown in Table 1, the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 1, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of each example are shown in Table 1.

[0227] (Example 1 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL 100% as nonaqueous electrolyte. The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 1 except using what was dissolved, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 1 of comparison are shown in Table 2.

[0228] (Example 2 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ in nonaqueous electrolyte to the mixed solvent (rate 50:25:25 of a volume ratio) of BL, and EC and MEC. Except using what was dissolved, the same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 2 of comparison are shown in Table 2.

[0229] (Example 3 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL and EC (rate 50:50 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. Using what was dissolved, except having changed the temperature and the charge rate at the time of initial charge, the same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 3 of comparison are shown in Table 2.

[0230] (Example 4 of comparison) The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained except using for nonaqueous electrolyte what dissolved one mol [l.] LiPF₆ at BL and MEC (rate 25:75 of a volume ratio), and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 4 of comparison are shown in Table 2.

[0231] (Example 5 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL and EC (rate 25:75 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained except using what was dissolved, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 5 of comparison are shown in Table 2.

[0232] (Example 6 of comparison) It is 0.8 mols [l.] LiPF₆ to BL and EC (rate 50:50 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained using what was dissolved except having made temperature at the time of initial charge into 25 degrees C, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 6 of comparison are shown in Table 2.

[0233] (Example 7 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL and EC (rate 50:50 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 8 was obtained

using what was dissolved except having made temperature at the time of initial charge into 25 degrees C, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 7 of comparison are shown in Table 2.

[0234] (Example 8 of comparison) The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained except having made temperature at the time of initial charge into 25 degrees C at BL and EC (rate 99:1 of a volume ratio) at nonaqueous electrolyte using what dissolved 1.5 mols [l.] LiBF₄, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 8 of comparison are shown in Table 2.

[0235] (Example 9 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL, and EC and DEC (rate 50:25:25 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained except using what was dissolved, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 9 of comparison are shown in Table 2.

[0236] (Example 10 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL, and EC and MEC (rate 50:25:25 of a volume ratio) in nonaqueous electrolyte. The same thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery as an example 1 was obtained except using what was dissolved, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 10 of comparison are shown in Table 2.

[0237] (Example 11 of comparison) It is 1.5 mols [l.] LiBF₄ to BL, and PC and EC (rate 50:25:25 of a volume ratio) as nonaqueous electrolyte. The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 1 except using what was dissolved, and cell evaluation was performed. The electrolytic-solution composition, initial-charge conditions, and cell property of a cell of the example 11 of comparison are shown in Table 2.

[0238]

[Table 1]

	電解液組成		初充電条件 (温度/ 充電レート)	容量 (Ah)	内部 インピーダンス (m \cdot Ω)	容量と内部イン ピーダンスの積 (m \cdot Ω Ah)	2 C放電時 容量維持率 (%)	300 サイクル後 容量維持率 (%)	85°C 貯蔵後 膨れ (%)
	溶媒	電解質/ 濃度							
実施例 1	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	80	48	85	90	3
実施例 2	90%BL 10%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.62	75	46.5	90	90	2
実施例 3	95%BL 5%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.63	70	44.1	90	85	1
実施例 4	60%BL 40%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.57	90	51.3	70	80	5
実施例 5	75%BL 15%EC 10%DEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.65	65	42.25	90	93	8
実施例 6	75%BL 15%EC 10%MEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.65	65	42.25	90	94	8
実施例 7	75%BL 25%EC	LiPF ₆ / 0.8mol/l	40°C/0.2 C	0.60	80	48	80	80	5
実施例 8	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	85	51	85	90	0.5
実施例 9	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	30°C/0.2 C	0.50	100	50	60	80	3
実施例 10	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	60°C/0.2 C	0.62	75	46.5	85	85	3
実施例 11	75%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	80°C/0.2 C	0.45	100	45	50	70	2
実施例 12	55%BL 45%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.57	90	51.3	65	82	5
実施例 13	65%BL 35%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.60	85	51	83	90	3

[0239]

[Table 2]

	電解液組成		初充電条件 (温度/ 充電レート)	容量 (Ah)	内部 インピーダンス (m·Ω)	容量と内部インピー ダンスの積 (m·Ω Ah)	2 C 放電時 容量維持率 (%)	300 サイクル後 容量維持率 (%)	85°C 貯蔵後 膨れ (%)
	溶媒	電解質/ 濃度							
比較例 1	100%BL	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.4	300	120	10	10	1
比較例 2	50%BL 25%EC 25%DEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.4	150	60	30	50	5
比較例 3	50%BL 50%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25°C/1 C	0.4	300	120	40	20	3
比較例 4	25%EC 75%DEC	LiPF ₆ / 1mol/l	40°C/0.2 C	0.6	80	48	20	85	50
比較例 5	25%BL 75%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.3	500	150	10	20	20
比較例 6	50%BL 50%EC	LiPF ₆ / 0.8mol/l	25°C/0.2 C	0.3	400	120	30	20	100
比較例 7	50%BL 50%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25°C/0.2 C	0.3	400	120	20	50	10
比較例 8	99%BL 1%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	25°C/0.2 C	0.3	400	120	30	10	10
比較例 9	50%BL 25%EC 25%DEC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.4	150	60	50	60	100
比較例 10	50%BL 25%EC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.4	150	60	60	60	100
比較例 11	50%BL 25%EC 25%PC	LiBF ₄ / 1.5mol/l	40°C/0.2 C	0.25	300	75	40	20	5

[0240] There is more thickness than a sheathing material 0.3mm or less and 50 volume %, and it turns out that the rechargeable battery of the examples 1-13 equipped with the nonaqueous electrolyte containing the non-aqueous solvent containing BL below 95 volume % can suppress that a sheathing material blisters, and can improve the service capacity in 2C, and the capacity maintenance factor after 300 cycles at the time of elevated-temperature storage so that clearly from Table 1 and Table 2.

[0241] on the other hand, example of comparison 1- although the rechargeable battery of 3 and 11 can suppress bulging of the sheathing material at the time of elevated-temperature storage, it turns out that the service capacity in 2C and the capacity maintenance factor after 300 cycles are inferior compared with examples 1-13 Moreover, the rechargeable battery of the examples 4-10 of comparison is understood that bulging of the sheathing material at the time of elevated-temperature storage is large compared with examples 1-13. In addition, the nonaqueous electrolyte contained in the rechargeable battery of the example 1 of comparison is equivalent to the nonaqueous electrolyte indicated by JP,11-97062,A mentioned above. Moreover, the nonaqueous electrolyte contained in the rechargeable battery of the example 11 of comparison is equivalent to the nonaqueous electrolyte indicated by JP,4-14769,A mentioned above.

[0242] (Example 14) the aluminium can whose thickness is 0.35mm as a sheathing material -- using -- a cell size -- an example 1 -- being the same (40mm and height being [thickness] 70mm for 3mm and width of face) -- the thin shape

nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 1 mentioned above except making thickness of an electrode group thin so that it may become The capacity of the obtained rechargeable battery was 0.4Ah (s).

[0243] (Example 15) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 1 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 1 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0244] (Example 16) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 1 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 23 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 2 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0245] (Example 17) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 1 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24.5 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 0.5 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0246] (Example 18) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 1 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 25 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 74 volume %, and toluene of 1 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0247] About the rechargeable battery of the acquired examples 15-18, as the example 1 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, internal impedance, the capacity maintenance factor at the time of 2C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 3.

[0248]

[Table 3]

	第3溶媒 の種類	第3溶媒 比率 (vol%)	容量 (Ah)	内部 インピー ダンス (mΩ)	容量と内部 インピーダ ンスの積 (mΩ・Ah)	2C 放電容量 維持率 (%)	300サイ クル後 維持率 (%)	85℃ 貯蔵後 膨れ (%)
実施例 15	VC	1	0.62	75	46.5	90	94	4
実施例 16	VC	2	0.62	75	46.5	90	95	4.5
実施例 17	VC	0.5	0.61	78	47.58	88	92	3
実施例 18	トルエン	1	0.62	75	46.5	85	88	3

[0249] And the rechargeable battery of the examples 15-17 equipped with the nonaqueous electrolyte containing BL, EC, and VC below 95 volume % and the rechargeable battery of the example 18 equipped with the nonaqueous electrolyte which there is than 50 volume % and contains BL, EC, and the aromatic compound below 95 volume % are understood that the capacity maintenance factor after 300 cycles is high than 50 volume % compared with the rechargeable battery of an example 1 so that clearly from Table 3. [more]

[0250] (Example 19) As separator, thickness manufactured the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery by 25 micrometers like the example 1 which 120 degrees C and the thermal contraction in 1 hour mentioned above except air permeability using 90sec(s) / porosity film made from polyethylene whose porosity it is 3 100cm and is 50% at 20%.

[0251] (Example 20) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 19 which mentioned above the air permeability of the porosity film of separator except 580sec(s) / 3 costing 100cm.

[0252] (Example 21) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 19 which mentioned above the air permeability of the porosity sheet of separator except 400sec(s) / 3 costing 100cm.

[0253] (Example 22) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 19 which mentioned above the air permeability of the porosity sheet of separator except 150sec(s) / 3 costing 100cm.

[0254] About the rechargeable battery of the acquired examples 19-22, as the example 1 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, internal impedance, the capacity maintenance factor at the time of 2C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 4.

[0255]

[Table 4]

	セバレータ 空気透過率 (sec/100cm ²)	容量 (Ah)	内部 インピー ダンス (mΩ)	容量と内部 インピーダ ンスの積 (mΩ・Ah)	2C 放電容量 維持率 (%)	300サイ クル後 維持率 (%)	85℃ 貯蔵後 膨れ (%)
実施例 19	90	0.61	70	42	90	95	3
実施例 20	580	0.55	120	60	50	70	3
実施例 21	400	0.56	100	55	60	75	3
実施例 22	150	0.58	90	52.2	86	83	3

[0256] (Example 23) Except not adding the macromolecule which has an adhesive property, as the example 1 mentioned above explained, the electrode group was produced. The thickness which is a sheathing material contained the obtained electrode group to the aluminium can which is 0.20mm. Subsequently, by pressing in the aforementioned sheathing material by the pressure of 10 kg/cm² along the thickness direction of an electrode group in 80-degree C elevated-temperature vacuum atmosphere, the binder contained in the aforementioned positive electrode and a negative electrode in a positive electrode, a negative electrode, and separator was made to heat-harden, and it unified.

[0257] 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate were dissolved in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24.5 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 0.5 volume %., and nonaqueous electrolyte was prepared. The aforementioned nonaqueous electrolyte was poured into the electrode group in the aforementioned aluminium can so that the amount per cell capacity 1Ah might become being the same as that of 4.7g, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 40mm and whose height 3.2mm and width of face are 70mm by obturating.

[0258] (Example 24) Except not adding the macromolecule which has an adhesive property, as the example 1 mentioned above explained, the electrode group was produced. The thickness which is a sheathing material contained the obtained electrode group to the aluminium can which is 0.20mm. Subsequently, by pressing in the aforementioned sheathing material by the pressure of 10 kg/cm² along the thickness direction of an electrode group in 80-degree C elevated-temperature vacuum atmosphere, the binder contained in the aforementioned positive electrode and a negative electrode in a positive electrode, a negative electrode, and separator was made to heat-harden, and it unified.

[0259] 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate were dissolved in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 23 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 2 volume %., and nonaqueous electrolyte was prepared. The aforementioned nonaqueous electrolyte was poured into the electrode group in the aforementioned aluminium can so that the amount per cell capacity 1Ah might become being the same as that of 4.7g, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 40mm and whose height 3.2mm and width of face are 70mm.

[0260] About the rechargeable battery of the acquired examples 23-24, as the example 1 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, internal impedance, the capacity maintenance factor at the time of 2C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 5.

[0261]

[Table 5]

	容量 (Ah)	内部インピー ダンス (mΩ)	容量と内部イン ピーダンスの積 (mΩ・Ah)	2C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 23	0.61	78	47.58	88	92	0.5
実施例 24	0.62	75	46.5	90	95	0.7

[0262] The rechargeable battery of examples 23-24 is high capacity, and the capacity maintenance factor after the time of 2C electric discharge and 300 cycles is high, and it turns out that bulging at the time of storing at 85 degrees C can be suppressed so that clearly from Table 5.

[0263] (Example 25) Thickness manufactured the nonaqueous electrolyte rechargeable battery like the example 1 mentioned above using the laminate film with a thickness of 500 micrometers which was wearing both sides of aluminum foil with polypropylene as a sheathing material except 4mm and width of face setting it 100mm, and height

setting a cell size to 280mm.

[0264] About the rechargeable battery of the acquired example 25, as the example 1 mentioned above explained, bulging after storage was measured at capacity, the capacity maintenance factor at the time of 2C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C. Consequently, capacity was 6Ah(s), the capacity maintenance factor was 85% at the time of 2C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles was 90%, and bulging after 85-degree-C storage of the rechargeable battery of an example 25 was 3%. Therefore, and when the non-aqueous solvent containing BL below 95 volume % was used, it has checked that the laminate film whose thickness is 0.5mm as a sheathing material of a large-sized cell like an electric vehicle could be used than 50 volume %.

[0265] (Example 26)

<production of a positive electrode> -- first -- a lithium cobalt oxide (LiCoO_2 ; -- however) X 91 % of the weight of powder which is $0 \leq X \leq 1$ 2.5 % of the weight of acetylene black, Add [both] 3 % of the weight of graphite, 4 % of the weight (PVdF) of polyvinylidene fluorides, and N-methyl pyrrolidone (NMP) solution, and it mixes. Density is 3.3 g/cm³ to each field of a charge collector by drying and pressing, after applying to both sides of the charge collector with which it is thin from the aluminum foil which is 10 micrometers. Voidage produced the positive electrode of the structure where the positive-active-material layer whose thickness is 48 micrometers was supported with 34%.

[0266] The powder of a mesophase pitch based carbon fiber (for 8 micrometers and mean fiber length, 20 micrometers and an average spacing (d002) are [the diameter of fiber] 0.3360nm) heat-treated at 3000 degrees C as a <production of negative electrode> carbonaceous material 93 % of the weight, By mixing N-methyl pyrrolidone solution with 7 % of the weight (PVdF) of polyvinylidene fluorides as a binder, applying this to both sides of the charge collector with which it is thin from the copper foil which is 10 micrometers, and drying and pressing it in them Density is 1.3 g/cm³ to each side of a charge collector. Voidage produced the negative electrode of the structure where the negative-electrode active material layer whose thickness is 45 micrometers was supported with 41%.

[0267] The separator which consists of a porosity film made from polyethylene whose porosity <separator> thickness is 20 micrometers and is 50% was prepared.

[0268] After winding the <production of electrode group> aforementioned positive electrode, and the aforementioned negative electrode in the shape of a whorl through the aforementioned separator between them, it fabricated in the shape of flat, and thickness produced the flat electrode group 30mm and whose height 2.5mm and width of face are 50mm.

[0269] <Manufacture of nonaqueous electrolyte> 4 fluoride lithium borate (LiBF_4) was dissolved in the mixed solvent (mixture product ratio 25:75) of ethylene carbonate (EC) and gamma-butyrolactone (BL) 1.5 mols / 1, and nonaqueous electrolyte was prepared.

[0270] Subsequently, the laminate film with a thickness of 100 micrometers which was wearing both sides of aluminum foil with polypropylene was fabricated to the saccate, the aforementioned electrode group was contained to this, and both sides were inserted with the electrode holder so that it might be thin to 2.7mm. The polyvinylidene fluoride (PVdF) which is the macromolecule which has an adhesive property was dissolved in the dimethyl formamide (the boiling point is 153 degrees C) which is an organic solvent 0.3% of the weight. While the obtained solution is poured in so that the amount per cell capacity 100mAh may be set to 0.6ml at the electrode group in the aforementioned laminate film, and making the aforementioned solution permeate the interior of the aforementioned electrode group, it was made to adhere to the whole front face of the aforementioned electrode group.

[0271] Subsequently, the aforementioned organic solvent was evaporated by performing a vacuum drying to the electrode group in the aforementioned laminate film at 80 degrees C for 12 hours, and porosity jointing was formed in the front face of the aforementioned electrode group while making the macromolecule which has an adhesive property in a positive electrode, a negative electrode, and the opening of separator hold.

[0272] The aforementioned nonaqueous electrolyte was poured into the electrode group in the aforementioned laminate film so that the amount per cell capacity 1Ah might be set to 2g, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 32mm and whose height 3mm and width of face are 55mm.

[0273] The following measures were taken as an initial-charge process to this nonaqueous electrolyte rechargeable battery. First, after leaving 5h under 40-degree C hot environments, a constant current and constant-potential charge were performed to 4.2V by 0.2C (120mA) under the environment for 10 hours. It discharged to 2.7V by 0.2C after that, and charged on the conditions as 1 cycle eye also with the still more nearly same two-cycle eye, and the nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured.

[0274] In order to investigate the high current electric discharge property in the room temperature (20 degrees C) of the obtained non-aqueous-solvent rechargeable battery, the capacity maintenance factor at the time of 3C electric discharge was measured. Under the present circumstances, service capacity in 0.2C was made into reference capacity. Moreover, in order to investigate a charge-and-discharge cycle property, the cycle of 3-hour charge of the 4.2V constant current

and constant voltage in a 0.7C rate and 2.7V electric discharge of 1C rate was repeated, and the capacity maintenance factor after 300 cycles was measured. Moreover, bulging after high temperature storage of 120 hours was measured at 85 degrees C after 4.2V charge. The initial capacity of the cell of the above example 26, active material layer thickness, the content ratio of the gamma-butyrolactone of the solvent of the electrolytic solution, and a cell property are shown in Table 6.

[0275] (Examples 27-37, A and B, and examples 12-13 of comparison) Except having changed, as the thickness of one side of a positive-active-material layer and a negative-electrode active material layer and the content ratio of the gamma-butyrolactone of the solvent of the electrolytic solution were shown in Table 6, the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was obtained like the example 26, and cell evaluation was performed. The initial capacity of each cell, active material layer thickness, the content ratio of the gamma-butyrolactone of the solvent of the electrolytic solution, and a cell property are written together to Table 6.

[0276]

[Table 6]

	容量 (A h)	正極活物質層 片面厚さ (μm)	負極活物質層 片面厚さ (μm)	BL含有比率 (体積%)	3C放電時 容量維持率 (%)	300サイクル 容量維持率 (%)	85°C貯蔵 膨れ (%)
実施例 26	0.32	48	45	75	96	90	3
実施例 27	0.35	60	56	75	92	80	3
実施例 28	0.30	39	36	75	98	93	3
実施例 29	0.25	24	23	75	99	94	3
実施例 30	0.12	10	9.5	75	98	88	2
実施例 31	0.30	48	45	60	90	80	4
実施例 32	0.31	48	45	70	95	82	3
実施例 33	0.33	48	45	90	97	92	2
実施例 34	0.31	48	45	95	98	80	1
実施例 35	0.28	48	45	40	80	80	6
実施例 36	0.36	60	65	75	90	82	3
実施例 37	0.38	80	80	75	80	75	3
実施例 A	0.35	87	90	75	50	50	3
実施例 B	0.05	8	8	75	80	85	2
比較例 12	0.30	105	108	30	20	30	6
比較例 13	0.10	8	8	30	40	60	6

[0277] It turns out that the examples 26-37 equipped with the nonaqueous electrolyte containing the positive electrode whose positive-active-material layer thickness is 10-100 micrometers, and the non-aqueous solvent in which thickness contains a sheathing material 0.3mm or less and BL of 40 - 95 volume %, and the rechargeable battery of A and B can suppress that a sheathing material blisters, and can improve initial capacity, the service capacity in 3C, and the capacity maintenance factor after 300 cycles at the time of elevated-temperature storage so that clearly from Table 6.

[0278] On the other hand, it turns out that the rechargeable battery of the example 12 of comparison is inferior in the service capacity in 3C, and the capacity maintenance factor after 300 cycles compared with examples 26-37, and A and B. Moreover, it turns out that the rechargeable battery of the example 13 of comparison is inferior in the service capacity in 3C compared with examples 26-37, and A and B.

[0279] (Example 38) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 26 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24.9 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 0.1 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0280] (Example 39) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 26 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 1 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0281] (Example 40) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 26 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 20 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 5 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0282] (Example 41) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example

26 mentioned above except using what dissolved 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 25 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 74 volume %, and toluene of 1 volume %l. as nonaqueous electrolyte.

[0283] About the rechargeable battery of the acquired examples 38-41, as the example 26 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, the capacity maintenance factor at the time of 3C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 7.

[0284]

[Table 7]

	第3溶媒 の種類	第3溶媒 比率 (vol%)	容量 (Ah)	3C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 38	VC	0.1	0.32	96	92	3
実施例 39	VC	1	0.33	96	96	4
実施例 40	VC	5	0.30	92	93	6
実施例 41	トルエン	1	0.32	88	90	3

[0285] The rechargeable battery of the example 41 equipped with the nonaqueous electrolyte containing the rechargeable battery of the examples 38-40 equipped with the nonaqueous electrolyte containing BL, EC, and VC of 40 - 95 volume %, and BL, EC and the aromatic compound of 40 - 95 volume % is understood that the capacity maintenance factor after 300 cycles is high compared with the rechargeable battery of an example 26 so that clearly from Table 7.

[0286] (Example 42) As separator, thickness manufactured the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery by 25 micrometers like the example 26 which 120 degrees C and the thermal contraction in 1 hour mentioned above except air permeability using 90sec(s) / porosity film made from polyethylene whose porosity it is 3 100cm and is 50% at 20%.

[0287] (Example 43) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 42 which mentioned above the air permeability of the porosity film of separator except 580sec(s) / 3 costing 100cm.

[0288] (Example 44) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 42 which mentioned above the air permeability of the porosity sheet of separator except 400sec(s) / 3 costing 100cm.

[0289] (Example 45) The thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery was manufactured like the example 42 which mentioned above the air permeability of the porosity sheet of separator except 150sec(s) / 3 costing 100cm.

[0290] About the rechargeable battery of the acquired examples 42-45, as the example 26 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, the capacity maintenance factor at the time of 3C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 8.

[0291]

[Table 8]

	セパレータ 空気透過率 (sec/100cm ²)	容量 (Ah)	3C放電 容量維持率 (%)	300サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 42	90	0.31	97.5	95	3
実施例 43	580	0.25	80	70	2.8
実施例 44	400	0.26	85	75	2.8
実施例 45	150	0.28	95	88	3

[0292] (Example 46) Except not adding the macromolecule which has an adhesive property, as the example 26 mentioned above explained, the electrode group was produced. The thickness which is a sheathing material contained the obtained electrode group to the aluminium can which is 0.18mm. Subsequently, by pressing in the aforementioned sheathing material by the pressure of 10 kg/cm² along the thickness direction of an electrode group in 80-degree C elevated-temperature vacuum atmosphere, the binder contained in the aforementioned positive electrode and a negative electrode in a positive electrode, a negative electrode, and separator was made to heat-harden, and it unified.

[0293] 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate were dissolved in the non-aqueous solvent which consists of the

ethylene carbonate (EC) of 24.5 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 0.5 volume %., and nonaqueous electrolyte was prepared. The aforementioned nonaqueous electrolyte was poured into the electrode group in the aforementioned aluminium can so that the amount per cell capacity 1Ah might become being the same as that of 4.7g, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 32mm and whose height 3mm and width of face are 55mm by obturating.

[0294] (Example 47) Except not adding the macromolecule which has an adhesive property, as the example 26 mentioned above explained, the electrode group was produced. The thickness which is a sheathing material contained the obtained electrode group to the aluminium can which is 0.25mm. Subsequently, by pressing in the aforementioned sheathing material by the pressure of 10 kg/cm² along the thickness direction of an electrode group in 80-degree C elevated-temperature vacuum atmosphere, the binder contained in the aforementioned positive electrode and a negative electrode in a positive electrode, a negative electrode, and separator was made to heat-harden, and it unified.

[0295] 1.5 mols (LiBF₄) /of 4 fluoride lithium borate were dissolved in the non-aqueous solvent which consists of the ethylene carbonate (EC) of 24 volume %, gamma-butyrolactone (BL) of 75 volume %, and vinylene carbonate (VC) of 2 volume %., and nonaqueous electrolyte was prepared. The aforementioned nonaqueous electrolyte was poured into the electrode group in the aforementioned aluminium can so that the amount per cell capacity 1Ah might become being the same as that of 4.7g, and thickness assembled the thin shape nonaqueous electrolyte rechargeable battery 32mm and whose height 3mm and width of face are 55mm.

[0296] About the rechargeable battery of the acquired examples 46-47, as the example 26 mentioned above explained, bulging after storage is measured at capacity, the capacity maintenance factor at the time of 3C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C, and the result is shown in the following table 9.

[0297]

[Table 9]

	容量 (Ah)	3 C放電 容量維持率 (%)	300 サイクル後 維持率 (%)	85℃貯蔵後 膨れ (%)
実施例 46	0. 3 2	9 6	9 5	0. 5
実施例 47	0. 3 3	9 6	9 7	0. 6

[0298] The rechargeable battery of examples 46-47 is high capacity, and the capacity maintenance factor after the time of 3C electric discharge and 300 cycles is high, and it turns out that bulging at the time of storing at 85 degrees C can be suppressed so that clearly from Table 9.

[0299] (Example 48) Thickness manufactured the nonaqueous electrolyte rechargeable battery like the example 26 mentioned above using the laminate film with a thickness of 500 micrometers which was wearing both sides of aluminum foil with polypropylene as a sheathing material except 4mm and width of face setting it 80mm, and height setting a cell size to 220mm.

[0300] About the rechargeable battery of the acquired example 48, as the example 26 mentioned above explained, bulging after storage was measured at capacity, the capacity maintenance factor at the time of 3C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles, and 85 degrees C. Consequently, capacity was 3.2Ah(s), the capacity maintenance factor was 96% at the time of 3C electric discharge, the capacity maintenance factor after 300 cycles was 90%, and bulging after 85-degree-C storage of the rechargeable battery of an example 48 was 3%. Therefore, when the non-aqueous solvent which sets positive-active-material layer thickness to 10-100 micrometers, and contains BL of 40 - 95 volume % was used, it has checked that the laminate film whose thickness is 0.5mm as a sheathing material of a large-sized cell like an electric vehicle could be used.

[0301]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to this invention, deformation of the sheathing material at the time of storing at an elevated temperature is suppressed, and the nonaqueous electrolyte rechargeable battery the weight energy density, the volume energy density, the high current electric discharge property, and whose charge-and-discharge cycle property improved can be offered.